UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

QUANTITATIVE ABSORPTION DER DÄMPFE EINIGER SÄUREN

DURCH TIER UND MENSCH.

(SALZSÄURE, SCHWEFLIGSÄURE, ESSIGSÄURE.)

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

KÖNIGL. BAYER. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

VORGELEGT VON

JIRO YAMADA
AUS JAPAN.

WÜRZBURG.
DRUCK DER KGL. UNIVERSITÄTSDRUCKEREI VON H. STÜRTZ.
1905.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität zu Würzburg.

Dekan: Geheimrat Prof. v. Rindfleisch.
Referent: Prof. K. B. Lehmann.

SEINEN LIEBEN ELTERN

IN DANKBARKEIT

GEWIDMET.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507206_0060

Einleitung.

Nachdem im vorigen Jahre im hygienischen Institut in Würzburg die älteren Versuche von Herrn Prof. Dr. K. B. Lehmann über die Aufnahme von Gasen durch den Menschen durch Herrn Wilke wieder aufgenommen und für Ammoniak und Nikotin durchgeführt worden sind, schien es wünschenswert, auch noch andere Gase in zahlreichen Versuchen darauf zu prüfen, in welchen Mengen sie von dem Menschen und dem Tier absorbiert werden.

Auf Anregung von Herrn Prof. Lehmann habe ich es übernommen, für Salzsäure, schweflige Säure und Essigsäure solche Versuche auszuführen.

Es liegen bisher von gar keiner Seite Versuche über die Absorption von Säuredämpfen durch den tierischen Körper vor. Auch Herr Prof. Lehmann hat in seiner grundlegenden Arbeit (Arch. f. Hygiene Band XVII) zwar mit Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Chlor, Brom und Schwefelkohlenstoff gearbeitet, aber er hat keinen Säuredampf in den Kreis seiner Untersuchungen gezogen. Es war also hier ein noch gar nicht bearbeitetes Thema zu studieren.

Tierversuche mit Salzsäuredampf.

Es lag eigentlich im Plan von Herrn Prof. Lehmann, die Versuche über Absorption von Salzsäuredampf auch wie die Versuche von Herrn Wilke mit Ammoniak am Menschen durchführen zu lassen.

Leider zeigten die ersten Versuche, die wir zusammen über die Wirkung von eingeatmeten Salzsäuredämpfen auf unsere Schleimhäute machten, dass schon sehr kleine Mengen von Säure in der Luft sehr starke Reizsymptome im Kehlkopf hervorbrachten, wenn man durch den Mund atmete und dass bei Nasenatmung die Nase empfindlich gereizt wurde.

Es war klar, dass nur Versuche mit sehr kleinen Dosen am Menschen gemacht werden könnten. Der Durchführung solcher Versuche stellte sich aber sofort eine zweite Schwierigkeit entgegen. Um der Einatmungsluft des Menschen längere Zeit genügend gleichmässig geringe Mengen von Salzsäuredampf beizumischen, muss die eingeatmete Luft eine grössere Vorlage von ziemlich wenig verdünnter Salzsäure durchstreichen. Zur Neutralisierung der vorgelegten Salzsäuremenge sind sehr bedeutende Mengen von Natronlauge notwendig und bei dem sehr geringen Säuregehalt, den der Mensch vertragen kann, ist die Abnahme der Azidität einer vorgelegten Säuremenge im Laufe des Versuchs so klein, dass eine exakte Bestimmung der Säureabgabe aus der Vorlage durch Subtraktion der beiden Titrierungen kein sehr genaues Resultat zu liefern versprach. Wir entschlossen uns deshalb nach einigen unangenehmen Vorversuchen am Menschen, zunächst Versuche am Tier (Kaninchen) zu machen.

Hier war nun wieder eine neue Schwierigkeit zu überwinden. Es galt das Kaninchen zu zwingen, aus einer Glasröhre zu atmen und zwar eine Luft, welche Salzsäure passiert hatte.

Es war klar, dass man zu diesem Zweck das Tier narkotisieren musste, was nur durch subkutane Injektion von ca. 1 g Chlorhydrat pro Kilo Tier in recht befriedigender Weise gelang. Es war aber nicht klar, wie man das Tier zwingen sollte, aus dieser Röhre zu atmen, wenn man sich nicht mit der Tracheotomie und Einbinden einer Kanüle begnügen wollte. Dann allerdings waren die Versuche leicht und mit Hilfe von Müllerschen Ventilen gelang es sehr einfach, das Tier, an dessen Trachealkanüle ein Gabelrohr angeschlossen war, durch einige ccm konzentrierter Salzsäure einatmen und die Ausatmungsluft durch zwei hinterein-

ander geschaltete Vorlagen von chlorfreier Natronlauge streichen zu lassen.

Viel Mühe machte es uns dagegen, eine Methode ausfindig zu machen, bei der das Tier durch die Nase atmete. Wir kamen schliesslich darauf, dem narkotisierten Tier zwei kleine Bambusröhrchen, über die ein Gummischlauch gezogen war, mit einigen Stichen in die Nasenlöcher einzunähen, den Mund mit drei Nähten zu schliessen und nun mit Heftpflaster, Watte und Kollodium eine vollständige Abdichtung der Respirationsöffnungen bis auf die doppelte Nasenkanüle zu erzeugen. Wie wir uns mehrfach durch das Versenken des ganzen Tieres unter Wasser überzeugten, schloss dieser nach einiger Übung nicht allzuschwierig herzustellende Verband in tadelloser Weise. Hatte das Tier eine Weile durch die Nasenkanüle geatmet, so unterbrachen wir den Versuch, bestimmten die Abnahme des Gehalts der vorgelegten Salzsäure, den Chlornatriumgehalt der Expirationsvorlage und der kleinen Salzsäuremengen, welche sich in der Rohrleitung kondensiert hatte, und schlossen mehrfach, da die Narkose tadellos fortdauerte, gleich einen zweiten Versuch mit Tracheotomie an. Sofort nach dem Atmungsversuch mit Tracheotomie, manchmal aber auch schon nach dem ersten Versuch mit Nasenatmung wurde das Tier durch Medullastich getötet und eine sorgfältige Sektion vorgenommen, wobei natürlich die in der Kanüle kondensierten feinsten Tröpfchen von Salzsäure nicht als absorbiert, sondern als ausgeatmet gerechnet werden müssen.

Im Anfang versuchten wir die Menge der durch das Tier absorbierten Salzsäure dadurch zu berechnen, dass wir den Säuregehalt der vorgelegten Salzsäure alkalimetrisch, die Alkaliabnahme der nachgeschaltenen Natronlauge azidimetrisch bestimmten.

Um mich in diesen Bestimmungen zu üben, habe ich eine grosse Reihe von Versuchen angestellt, bei denen kein Tier eingeschaltet wurde, bei denen also die Titerabnahme der Salzsäure der Titerabnahme der nachgeschalteten Natronlauge entsprechen musste. Bei den geringen absoluten Säuremengen, welche aus der Säurevorlage in die Alkalinachlage überging, waren die azidi-

metrischen Resultate nicht immer ganz befriedigend, was zum Teil darin seinen Grund gehabt haben mag, dass ich im Anfang die 2,3 oder 4 ccm der vorgelegten Salzsäure noch nicht mit äusserster Vorsicht abgemessen habe. Nachdem ich dies gelernt hatte, und die feinsten Pipetten dazu verwendete, wurden die Resultate besser.

Noch mehr verbesserten sich aber die Ergebnisse, als ich zwar die Vorlage alkalimetrisch untersuchte, aber in der Nachlage das aufgenommene Chlor nach der Volhardschen Methode titrierte.

Ich lasse einen solchen Versuch im Protokoll hier folgen, um zu zeigen, dass sich die aus der Vorlage weggegangene Salzsäure recht befriedigend in der Nachlage wiederfand.

Versuch 1 Stunde lang. Ohne das Tier!

Die Vorlage enthielt vor dem Versuch 2 ccm Salzsäure.

Titer Normalnatronlauge 16,2

Titer nach dem Versuch 14,5

Also gingen in die Luft über HCl = 1,7 = Normalsäure.

Von dieser Salzsäure wurde wiedergefunden durch Titrierung nach Volhard:

In der	1.	Absorptionsflasche	15,7 cc $^1/_{10}$ Normalsäure
„ „	2.	„	0,9 „ „ „
„ „	3.	„	0,4 „ „ „
Also zusammen			17,0 cc $^1/_{10}$ Normalsäure = 1,7 Normalsäure

Nachdem in den Versuchen ohne Tier gute Resultate erzielt waren, ging ich zu den Tierversuchen über. Ich beschreibe jeden einzelnen kurz und gebe dann eine Tabelle, welche alle wesentlichen Ergebnisse übersichtlich zusammenstellt.

Die Protokolle teile ich in chronologischer Reihenfolge mit. Die Tabelle ordne ich nach steigenden Dosen.

Versuch I (Nasen- und Trachealatmung).

Ein Kaninchen von 2000 g Gewicht wird mit 2 g Chloralhydrat narkotisiert. Narkose vollständig. Das Tier atmet erst

1/4 Stunde durch die Nase mit der oben beschriebenen Anordnung. Respiration 40 pro Minute. Hierauf wird rasch die Tracheotomie gemacht und der Versuch nochmals 1/4 Stunde natürlich mit gewechselten Vor- und Nachlagen durchgeführt. Die Respiration war wieder 40, nahm aber gegen Ende des Versuchs zusehends ab, am Schluss des Versuchs war sie 18. Das Tier hatte in der Narkose keine nennenswerten Reizsymptome gezeigt.

Die Sektion ergab in der Trachea ein kleines Stück weit saure Reaktion, schwarze Verfärbung durch veränderten Blutfarbstoff. Die tieferen Teile der Trachea sind stark injiziert. Unklar bleibt, ob ziemlich erhebliche Blutmengen, welche sich frei in der Trachea und in der linken Lunge finden, nicht erst bei der Sektion des Tieres eingeflossen sind. Es schlug nämlich das Herz beim Beginn der Sektion noch fort.

Versuch II (Trachealatmung).

Ein Kaninchen von 1920 g wird mit 1,4 g Chloralhydrat narkotisiert. Es atmete nach Einsetzung der Nasenröhren absolut ruhig eine ganze Stunde lang durch die Nase durch 2 cc vorgelegte Salzsäure. Die Respirationsfrequenz war 41 pro Minute. Nach Ablauf der Stunde wurde das Tier durch Hirnstich getötet und die Trachea zwischen 2 Ligaturen herausgenommen. Die Gefässe waren etwas injiziert, die Schleimhaut unverletzt, die Reaktion nicht sauer. In der Lunge waren einige kleine Ecchymosen zu sehen, nirgends saure Reaktion. Überraschend war uns, dass auch bei der Untersuchung der Nasenhöhle schon in der Tiefe von 1/2 cm die saure Reaktion aufhörte. Der Nasen-Rachenraum reagierte ganz deutlich alkalisch.

Die chemische Untersuchung des Versuchs, bei dem durch die Nase geatmet wurde, ergab folgendes:

---

1) Ich habe für HCl das Molekulargewicht 36 angenommen, um keine unnötigen Dezimalen einzuführen, die doch nur über die Genauigkeit der Resultate täuschen. Zahlen teile ich von diesem Versuch noch nicht mit, denn ich halte diese erste Untersuchung am Tier für noch nicht hinreichend sicher.

Die Vorlage enthielt vor dem Versuch 4 ccm Salzsäure.

Titer derselben . . .	32,4 ccm	Normalnatronlauge
„ nach dem Versuch	30,9 „	„
Also gingen in die Inspirationsluft über	1,5 ccm	(54 mg).

Von dieser Salzsäure wurde wiedergefunden:

im Gabelrohr	2,1 $^1/_{10}$	Normalsalzsäure
in der I. Absorptionsflasche	3,9 „	„
„ „ II. „	0,1 „	„
Also zusammen	6,1 × 3,6 = 22.	

Es wurde also absorbiert in einer Stunde 54 — 22 = 32 mg.

Versuch III (Trachealatmung).

Es wird ein Kaninchen von 2590 g mit 1 $^1/_2$ Chloralhydrat narkotisiert und die Tracheotomie gemacht. Das Tier atmet 35 mal pro Minute sehr regelmässig. Versuchsdauer 35 Minuten Die Respirationsgrösse wurde zu 520 ccm pro Minute bestimmt. Mehrere Versuche stimmten gut untereinander.

Nach 35 Minuten wird das Tier getötet und seziert. Die Trachea zeigt unterhalb der Kanüle eine starke Hyperämie und eine braunschwarze Anätzung und kräftige, saure Reaktion. Es sieht fast so aus, als ob aus der Kanüle einige Tröpfchen saures Kondenswasser in die Trachea heruntergeflossen wären. Unterster Teil der Trachea, Bronchien und Lunge alkalisch.

Die chemische Untersuchung des Versuchs, bei dem durch die Trachea geatmet wurde, ergab folgendes:

Die Vorlage enthielt vor dem Versuch 4 ccm Salzsäure.

Titer derselben	32,4 ccm	Normalnatronlauge
Titer nach dem Versuch	31,1 „	„
Also gingen in die Inspirationsluft über . .	1,3 ccm × 36 = 46,8 mg HCl	

Es fanden sich im Gabelrohr . . . . . 1,9 1/10 Normalsalzsäure
in der I. Absorptionsflasche . . . . . 2,8 „ „
in der II. Absorptionsflasche . . . . . 0,05 „
Also zusammen 4,75 × 36 = 17,1 mg HCl.

Es wurden also absorbiert in 35 Minuten 46,8—17,1 = 29,7 mg HCl.

Versuch IV (Trachealatmung).

Ein kräftiges Kaninchen von 2500 g wird mit 1,5 g Chloralhydrat narkotisiert und tracheotomiert. Respiration 30 pro Minute, sehr regelmässig. Atemgrösse 330 pro Minute, also pro Atemzug 11 ccm. Nach 58 Minuten langer Versuchsdauer wird das Tier unruhig. Nach 1 Stunde wird es getötet und bevor man das Tier durch Hirnstich tötet, die Trachea unterhalb der Glaskanüle unterbunden, dann das Tier sofort getötet. Auch diesmal ist in der Trachea an der Einmündungsstelle der Kanüle eine braunschwarze Färbung etwa 1 ccm vorhanden. Und wieder ist nicht absolut sicher auszuschliessen, dass ein Einfliessen von einigen Tröpfchen saurer Flüssigkeit aus der Kanüle stattgefunden hat. Jedenfalls ist aber der untere Teil der Trachea alkalisch und nur hyperämisch. Doch ändert sich während der Sektion das Bild. Es ist offenbar etwas saurer Schleim während der Sektion noch weiter nach unten geflossen.

Die chemische Untersuchung des Versuchs, bei dem durch die Trachea geatmet wurde, ergab folgendes:

Die Vorlage enthielt vor dem Versuch 4 ccm Salzsäure.
Titer vor dem Versuch 32,4 ccm Normalnatronlauge
„ nach „ „ 30,7 „ „
Also gingen in die Inspirationsluft über . 1,7 = 36 = 61,2 HCl.
Von dieser Salzsäure wurde wieder gefunden:

im Gabelrohr	2,2	$^1/_{10}$ Normalsalzsäure
in I. Absorptionsflasche	4,0	„ „
„ II. „	0,1	„ „
Also zusammen	6,3 × 36 = 22,7 mg HCl.	

Es wurden also absorbiert in 60 Minuten 61,2 - 22,7 = 38,5 mg HCl.

Versuch V (Nasenatmung).

Ein Kaninchen von 2270 g wird mit 1,5 Chloralhydrat narkotisiert. Das Tier atmete 31 mal pro Minute, nachdem ihm der Nasenapparat angelegt worden ist. Respirationsgrösse pro Minute 290, pro Atemzug 8,3 ccm. Das Tier atmete ruhig eine Stunde lang durch die Nase und wird nachher sofort durch Hirnstich getötet. Die Trachea wird oberhalb des Kehlkopfes zugebunden und herausgenommen. Der Kehlkopf ist blass, zeigt etwas schleimigen, schwach alkalischen Inhalt. Der obere Teil der Trachea ist hyperämisch, der untere normal. In der Lunge sind einige kleine Blutungen und etwas Emphysem. Auch in der Nase ist nur im Anfangsteil eine saure Reaktion vorhanden, die tieferen Teile derselben sind alkalisch.

Die chemische Untersuchung des Versuchs, bei dem durch die Nase geatmet wurde, ergab folgendes:

Die Vorlage enthielt vor dem Versuch 4 ccm Salzsäure.

Titer vor dem Versuch	32,4	ccm Normalnatronlauge
„ nach „ „	30,8	„ „
Also gingen in die Inspirationsluft über .	1,6 × 36 = 57,6 mg HCl.	

Von dieser Salzsäure wurde wieder gefunden:

im Gabelrohr	2,5	$^1/_{10}$ Normalsalzsäure
in der I. Absorptionsflasche	3,8	„ „
in der II. Absorptionsflasche	0,1	„ „
Also zusammen	6,4 × 36 = 23,0 mg HCl.	

Es wurden also absorbiert in einer Stunde 57,6 – 23 = 34,6 mg HCl.

Versuch VI (Trachealatmung).

Ein sehr kräftiges Kaninchen von 2700 g atmet 48 mal pro Minute, nachdem es mit 1,5 ccm Chloralhydrat narkotisiert und tracheotomiert worden ist. Die Inspirationsluft muss diesmal 4 ccm auf 60° erwärmte Salzsäure durchstreichen, wodurch ihr Gehalt wesentlich grösser wird wie bisher. In einer Minute beträgt die Atemgrösse 480 ccm, pro Atemzug 10 ccm. Das Tier bleibt 50 Minuten sehr ruhig und atmet tadellos, die letzten 10 Minuten sind starke Zuckungen vorhanden. Diesmal wurde besondere Sorgfalt darauf verwendet, das Tier während des ganzen Versuchs so zu legen, dass kein Sekret in die Trachea herunterfliessen konnte, indem man die Beine etwas höher hielt als den Kopf. Die Trachea wurde wieder unterhalb der Kanüle unterbunden, ehe sie herausgenommen wurde. Es zeigte sich die Schleimhaut sehr trocken von schwarzer bis schwarzgrauer Farbe. Deutliche Defekte des Epithels sind an einzelnen Stellen zu sehen. Wo die Schleimhaut erhalten ist, lässt sie sich leicht abziehen und das darunter gelegene Gewebe stellt dort einen schwärzlichen Brei dar. Die Reaktion der Schleimhaut ist sauer. Die starken Veränderungen in der Trachea erstrecken sich ziemlich bis gegen die Bifurkation, schneiden aber daselbst ganz scharf ab. Unterhalb der Bifurkation ist zwar auch noch eine starke Schädigung des Epithels vorhanden und eine braunschwarze Verfärbung; doch lässt sich hier das Epithel nicht mehr recht von der Unterfläche abheben. Es macht den Eindruck, als ob die anatomische Struktur der Bronchien etwas verschieden von der Trachea wäre und sich dadurch die verschiedenen Grade der Lockerung des Epithels erklären. Die saure Reaktion reicht bis in die feineren Bronchien.

Die chemische Untersuchung des Versuchs, bei dem durch die Trachea geatmet wurde, ergab folgendes:

Die Vorlage enthielt vor dem Versuch 4 ccm Salzsäure.

Titer Normalnatronlauge 32,4 ccm
„ nach dem Versuch 23,1 „
Also gingen in die Inspirationsluft über . . 9,3 ccm × 36 = 334,8 mg HCl.
Von dieser Salzsäure wurde wieder gefunden:
im Gabelrohr . . . . . 2,8 1/10 Normalsalzsäure
in der I. Absorptionsflasche 18,2 „ „
„ „ II. „ 1,8 „ „
Also zusammen 22,8 × 36 = 82,1 mg HCl.

Es wurden also absorbiert in einer Stunde 334,8 — 82,1 = 252,7 mg HCl.

Versuch VII (Nasenatmung).

Ein 2500 g schweres Kaninchen atmet nach Narkotisierung mit 1,5 g Chloralhydrat und Anbringung des Nasenapparats 57 Minuten lang ruhig durch die Nase durch 4 ccm auf 60° erwärmte Salzsäure, wobei der Kopf etwas tiefer gehalten wird. Atemgrösse pro Minute 275 ccm, also pro Atemzug 11 ccm. Respirationszahl 25. Am Ende des Versuchs stirbt das Tier spontan ohne deutliche Krämpfe.

Die sorgfältige Sektion ergibt schwärzliche Verfärbung der Schleimhaut des Naseneingangs. Die Schleimhaut ist daselbst leicht ablösbar und auch die darunter gelegenen Gewebe sind weich. Die Verfärbung und saure Reaktion lässt sich bis in die hinteren Teile der Nase verfolgen. Dagegen ist der Kehlkopf nicht verändert. Ein Schleimklümpchen, das darin sitzt, ist neutral, die Luftröhre zeigt starke Gefässinjektion und ebenfalls neutrale Injektion. Die Bronchien sind normal: in der Lunge sind einzelne kleine Hämorrhagien.

Die chemische Untersuchung des Versuchs ergab folgendes:
Die Vorlage enthielt vor dem Versuch 4 ccm Salzsäure.
Titer vor dem Versuch 32,4 ccm Normalnatronlauge
„ nach „ „ 25,1 „ „
Also gingen in die Inspirationsluft über . 7,3 × 36 = 262,8 mg HCl.

Von dieser Salzsäure wurde wieder gefunden:

im Gabelrohr . . . . . 3,6 1/10 Normalsalzsäure
in der I. Absorptionsflasche 18,0 „ „
„ „ II. „ 1,2 „ „
Also zusammen 22,8 × 36 = 82,1 mg HCl.

Es wurden also absorbiert in 57 Minuten 262,8—82,1 = 180,7 mg HCl.

Versuch VIII (Trachealatmung).

Ein Kaninchen von 2050 g erhielt 1,5 g Chloralhydrat. Nach einer halben Stunde wird die Tracheotomie gemacht. Die Atemfrequenz beträgt 35 pro Minute, die Grösse des einzelnen Atemzugs 6,0 ccm, das Volum der Atmung pro Minute wurde mit 240 ccm bestimmt. Das Tier ist nicht sehr kräftig; der Versuch dauert 15 Minuten lang; die Atmung war ganz regelmässig, es wird am Ende des Versuchs getötet.

Die chemische Untersuchung des Versuchs, bei dem durch die Trachea geatmet wurde, ergab folgendes:

Die Vorlage enthielt vor dem Versuch 1 ccm HCl.
Titer vor dem Versuch 8,1 ccm Normalnatronlösung
„ nach „ „ 7,9 „ „
Also gingen in die Inspirationsluft über . 0,2 × 36 = 7,2 mg HCl.

Von dieser Salzsäure wurde wieder gefunden:

im Gabelrohr
in der I. Absorptionsflasche } 0,7 1/10 Normalsalzsäure
„ „ II. „ × 36 = 2.52 mg HCl.

Es wurden also absorbiert in 15 Minuten 7,2—2,52 = 4,68 mg HCl.

Bei der Sektion des Respirationsapparates finden sich keine Veränderungen.

Versuch IX (Trachealatmung).

Ein Kaninchen von 2100 g wird mit 1,5 g Chloralhydrat narkotisiert; Respiration 35 mal pro Minute; Atemgrösse 500 ccm

pro Minute, also pro Atemzug 11,9 ccm. Der Versuch dauert eine Stunde lang, das Tier atmet ganz regelmässig ruhig. Es wird am Ende des Versuchs getötet.

Die chemische Analyse geschah genau wie in dem vorhergehenden Versuch.

Die Vorlage enthielt vor dem Versuch 1,0 ccm HCl.

Titer vor dem Versuch 8,1 ccm Normalnatronlösung
„ nach „ „ 6,9 „ „
Also gingen in die Inspirationsluft über . . $1{,}2 \times 36 = 43{,}2$ mg HCl.

Von dieser Salzsäure wurde wieder gefunden:

im Gabelrohr
in der I. Absorptionsflasche
„ „ II. „
} 3,9 ccm $^1/_{10}$ Normalsalzsäure $\times 36 = 14{,}04$ mg HCl.

Es wurden also absorbiert in 60 Minuten $43{,}2 - 14{,}04 = 29{,}16$ mg HCl.

Bei der Sektion zeigt die Trachea leichte Hyperämie, die Reaktion ist nicht sauer. In der Lunge waren einige kleine emphysematöse Stellen zu sehen, sonst nichts Pathologisches.

Versuch X (Trachealatmung).

Ein Kaninchen von 2650 g Gewicht wurde mit 2 g Chloralhydrat narkotisiert; Narkose vollständig. Das Tier atmet 34 mal pro Minute. Atemvolumen 500 ccm pro Minute, also pro Atemzug 14,7 ccm. Die Versuchsdauer war 15 Minuten. Das Tier atmet ganz ruhig. Atmung tadellos. Das Tier wird am Ende des Versuchs getötet.

Die chemische Untersuchung des Versuchs ergab folgendes:

Die Vorlage enthielt vor dem Versuch 1 ccm Salzsäure (verdünnt mit etwas H_2O).

Titer vor dem Versuch 63,2 $^1/_{10}$ Normalnatronlösung
„ nach „ „ 62,4 „ „
Also gingen in die
Inspirationsluft über $0{,}8$ ccm $\times 36 = 2{,}9$ mg HCl.

Von dieser Salzsäure wurde wieder gefunden:

im Gabelrohr
in der I. Absorptionsflasche } 0,2 ccm $^1/_{10}$ Normalsalzsäure
„ „ II. „ } $0{,}2 \times 36 = 0{,}76$ mg HCl.

Es wurden also absorbiert in 15 Minuten 2,9 — 0,76 = 2,14 mg HCl.

Bei dem Präparieren des Respirationsapparates finden sich gar keine Veränderungen.

Versuch XI (Trachealatmung).

Ein Kaninchen von 2700 g Gewicht erhielt 2 g Chloralhydrat. Nach $^1/_2$ Stunde wird die Tracheotomie gemacht. Atemfrequenz 35 pro Minute, die Grösse des einzelnen Atemzugs beträgt 14,2 ccm, das Volum der Atmung pro Minute 500 ccm. Der Versuch dauert 60 Minuten lang, ohne dass das Tier eine nennenswerte Schädigung zeigt. Das Tier wird am Ende des Versuchs getötet.

Die chemische Untersuchung des Versuchs, bei dem durch die Trachea geatmet wurde, ergab folgendes:

Die Vorlage enthielt vor dem Versuch 1 ccm HCl (verdünnt mit etwas H_2O).

Titer vor dem Versuch 63,2 ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlösung
„ nach „ „ 60,3 „ „ „

Also gingen in die Inspirationsluft über $2{,}9 \times 36 = 10{,}4$ mg HCl.

Von dieser Salzsäure wurde wieder gefunden;

im Gabelrohr
in der I. Absorptionsflasche } 1,1 ccm $^1/_{10}$ Normalsalzsäure
„ „ II. „ } $1{,}1 \times 36 = 3{,}96$ mg HCl.).

Es wurde also absorbiert in 60 Minuten 10,4 — 3,96 = 6,44 mg HCl.

Sektion: Es findet sich keine Veränderung an der Trachea, Bronchia u s f., nur am Lungenrand einige emphysematöse Stellen.

Die Tierversuche stellte ich in 2 Tabellen zusammen, von denen Tabelle I die quantitativen Ergebnisse; Tabelle II die Sektionsresultate darstellt.

Tabelle I.

Tierversuche mit HCl. Analytischer Teil.

	durch die Nase			durch die Trachea			durch die Trachea			
	II	V	VII	III	IV	VI	VIII	IX	X	XI
			Vorlage erwärmt			Vorlage erwärmt				
Zimmer-Temperatur	13°	13°	60°	13°	13°	60°	13°	13°	13°	13°
Zeitdauer Min.	60	60	57	35	60	60	15	60	15	60
Tiergewicht g	1920	2270	2500	2590	2500	2700	2050	2100	2650	2700
Atemfrequenz	41	31	25	35	30	48	35	42	34	35
Atem-Volum pro 1 Minute	300	290	275	520	330	480	240	500	500	500
Volum eines Atemzugs ccm	7,3	8,3	11	14	11	10	6	11,9	14,7	14,2
Gesamtes Atem-Volum Liter	18	17,4	14.7	18,2	19,8	28,8	3,6	30	7,5	30
Die Vorlage mg	1166,4	1166,4	1166,4	1166,4	1166,4	1166,4	291,6	291,6	227,5	227,5
Vorlage nach dem Versuch	1112,4	1108,8	903,6	1119,6	1105,2	831,6	284,4	248,4	224,6	217,1
Eingeatmete Menge	54	57,6	262,8	46,8	61,2	334,8	7,2	43,2	2,9	10.4
Nachlage	22	23	82,1	17,1	22,7	82,1	2,52	14.04	0,76	3,96
Absorbierte Menge, total	32	34,6	180,7	29,7	38,5	252,7	4,68	29,16	2,14	6,44
Inspirationsluft im Liter	3,0	3,3	17,8	2,57	3,1	11,6	2,0	1,44	0,38	0,34
Exspirationsluft im Liter	1,22	1,36	5,5	0,94	1,1	2,85	0,7	0,468	0,1	0,13
Absorbierte Menge pro Liter	1,78	1,94	12,3	1,63	2,0	8,75	1,3	0,972	0,28	0,21
„ „ pro Min.	0,0296	0,0323	0,21	0,046	0,033	0,146	0,086	0,0162	0,018	0,0035
„ „ pro Kilo	0,0155	0,0145	0,084	0,017	0,013	0,054	0,043	0,0081	0,007	0,0013
„ „ % der Inspirationsluft	59	59	69	63	64	75	65	60,7	73	61

Aus diesen beiden Tabellen (Seite 18 und 19) lässt sich folgendes Resultat ableiten:

1. Die Grösse der Absorption von Salzsäure durch die Nase und durch die Trachea ist nicht verschieden. Es wird in beiden Fällen 60 bis höchstens 75 % eingeatmetes Salzsäuregas absorbiert.
2. Es ist auffallenderweise kein Unterschied in der Vollständigkeit der Absorption zu konstatieren bei stärkerer und schwächerer Konzentration der Salzsäure in der Einatmungsluft.
3. Die pro Minute und Kilo absorbierte Salzsäuremenge ist, wie aus Punkt 2 hervorgeht, dor Konzentration der Inspirationsluft ungefähr proportional.
4. Die grösste Säuremenge, die in einer Stunde absorbiert wurde, betrug 252 mg Salzsäure, was nach den Versuchen von Walter absolut nicht ausreicht, um bei einem Tier von 2,7 kg eine wirkliche Säurevergiftung hervorzubringen.
5. Bei Nasenatmung wurde selbst bei den stärksten Dosen bis zu 12 mg Salzsäure im Liter in der Trachea keine saure Reaktion gefunden. Dagegen war die Nase bis in ihre hinteren Teile sauer und die Nasenschleimhaut leicht ablösbar, dagegen Kehlkopf und Trachealschleimhaut nicht wesentlich geschädigt.
6. Bei trachealer Einatmung ist bis zu etwa 2 mg im Liter keine makroskopisch auffallende Schädigung des Epithels beobachtet worden und keine saure Reaktion der Trachealschleimhaut, wenn wir von lokalen Störungen absehen, die durch Einfliessen von saurem Kondenswasser aus der Trachealkanüle entstanden sind. Bei einer Dosis von 8 mg ab im Liter ist dagegen die Schleimhaut der Trachea stark angeätzt und reagiert bis in die Bronchien hinein sauer.
7. Schwerere Lungenveränderungen wurden in keinem Versuch, solange das Tier das Gas einatmet, gesehen, nur einige kleine Ecchymosen. Wir haben es vermieden, die Tiere nach Versuchsabschluss noch am Leben zu lassen und die später eintretenden Störungen zu untersuchen, da Herr Prof. Lehmann

Tabelle II. Tierversuche

	Versuchs-Nummer	Tier-gewicht g	Zeit-dauer Min.		Gehalt der Inspirationsluft, mg pro 1 Liter	Absorptions-Menge pro 1 Liter
Tracheal-Atmung	XI	2700,0	60	am Versuchsende wohl, wird getötet	0,34	0,21
„	X	2650,0	15	„	0,38	0,28
„	IX	2100,0	60	„	1,44	0,972
„	VIII	2050,0	15	am Versuchsende ziemlich wohl, wird getötet	2,0	1,3
„	III	2590,0	35	„	2,57	1,63
Nasen-Atmung	II	1920,0	60	„	3,0	1,78
„	V	2270,0	60	„	3,3	1,94
Tracheal-Atmung	IV	2500,0	60	am Ende des Versuchs scheint Schwierigkeit, wird getötet	3,1	2,0
„	VI	2700,0	60	am Ende des Versuchs scheint Schwierigkeit wie Zuckung, wird getötet	11,6	8,75
Nasen-Atmung	VII	2500,0	57	stirbt am Ende des Versuchs	17,8	12.3

mit HCl. Sektionsresultate.

Nase	Trachea	Bronchien	Lunge
—	Keine Veränderung	Keine Veränderung	Keine Veränderung
—	„	„	„
—	Leichte Hyperämie. Reaktion ist nicht sauer	„	Etwas Randemphysem
—	„	„	„
—	Starke Hyperämie und braunschwarze Anätzung mit saurer Reaktion! Es sieht fast so aus, als ob aus der Kanüle einige Tropfen saures Kondenswasser in die Trachea heruntergeflossen wären!	Die Gefässe etwas injiziert, Reaktion nicht sauer	Einige kleine Ecchymosen, nirgends saure Reaktion
Naseneingang zeigt saure Reaktion, aber die Nasenhöhle reagiert schon in der Tiefe von $^1/_2$ cm ganz deutlich alkalisch	Die Gefässe sind etwas injiziert, die Schleimhaut ist unverletzt, die Reaktion nicht sauer	„	„
Nur im Anfangsteil saure Reaktion, die tiefen Teile derselben sind alkalisch	Kehlkopf ist blass mit etwas schleimigem schwach alkalischem Inhalt. Trachea hyperämisch	„	Einige kleine Blutungen etwa Emphysen
	Starke Hyperämie, an der Mündung der Kanüle ist eine braunschwarze Färbung etwa 1 cm weit vorhanden, es hat wohl ein Einfliessen aus der Kanüle stattgefunden	„	Einige kleine Ecchymosen, nirgends saure Reaktion
—	Schleimhaut sehr trocken, von schwarzer Farbe, deutliche Defekte des Epithels sind an einzelnen Stellen zu sehen. Reaktion sauer!	Defekte des Epithels sind an einzelnen Stellen. Saure Reaktion	„
Schwärzliche Verfärbung der Schleimhaut, sie ist leicht ablösbar und zeigt saure Reaktion bis in ihre hinteren Teile	Kehlkopf nicht verändert, keine saure Reaktion. Trachea zeigt starke Gefässinjektion und neutrale Reaktion	Gefässe etwas injiziert, Reaktion alkalisch	Einzelne kleine Hämorrhagien

über solche Beobachtungen ja in seinen früheren Versuchen ausführlich berichtet hat.

Versuche mit Salzsäure am Menschen.

Nach Abschluss meiner Tierversuche wendete ich mich aufs neue zu Versuchen am Menschen zu — doch verliess ich, aus den Gründen, die ich in der Einleitung zu meinen Tierversuchen angegeben habe, die für das Kaninchen erfolgreich angewendete Methode. Vielmehr benützte ich die von Herrn Prof. Lehmann in seinem für diese Frage grundlegenden Versuchen gewählte Versuchsanordnung und zwar die sogenannte Flaschenmethode.

Zwei Flaschen von ca. 5 Litern Inhalt werden vollständig in Wasser von 37° versenkt, mit Gummistöpseln verschlossen, durch die zwei Glasröhren, eine lange und eine kurze hindurchgehen; die kurzen Enden der Glasröhren werden ausserhalb der Flaschen rechtwinklig umgebogen, und der umgebogene Schenkel mit Watte umhüllt, die ständig mit heissem Wasser befeuchtet gehalten wurde.

Durch die eine dieser Flaschen wird Zimmerluft geblasen, durch die andere atmet die Versuchsperson mit dem Munde aus, während sie durch die Nase einatmet.

Die Versuche dauerten 20 Minuten. Nach dieser Zeit kann man mit Sicherheit annehmen, dass der ursprüngliche Luftgehalt der Flaschen durch Zimmer- resp. Exspirationsluft ersetzt ist. Es wird dann die Flasche verschlossen, durch einen Schenkel eine bestimmte Menge einer schwachen Silberlösung einlaufen lassen, und nach dem Grad der Trübung der Silberlösung nach den Prinzipien der Kolorimetrie der Chlorsilbergehalt geschätzt.

Durch Abdampfen von Salzsäure war es leicht, dem Zimmer einen schwächeren oder stärkeren Salzsäuregehalt zu geben. Es ist interessant, dass in meinen drei Versuchen, obwohl ich den Salzsäuregehalt von Versuch zu Versuch steigern wollte, der Gehalt doch nicht sehr verschieden ausgefallen ist; ich konnte eben über eine gewisse Konzentration nicht hinausgehen.

Rechne ich meine Werte in Volum ‰ mm, ergeben sich 50 Gehalte von rund 0,18—0,22 Volum ‰. Diese Dosen habe ich

20—25 Minuten lang ausgehalten und zwar nur mit Aufbietung starker Willensenergie.

Nach Herrn Prof. Lehmann ist die Konzentration, die noch ½—1 Stunde ohne schwere Störungen vom Menschen ausgehalten werden kann, 0,05 bis höchstens 0,1 ‰. Diese Abgaben stimmen recht gut mit meinen Erfahrungen.

Die Symptome, welche ich an mir und an dem mir assistierenden Diener beobachtete, waren folgende: Starke unangenehme Reizung der Nasenschleimhaut, der Rachenschleimhaut und der Augen. Bei der stärksten Konzentration starker Speichelfluss, Wärmegefühl und heftiger Schweiss am bedeckten und unbedeckten Körper; dabei kein Gefühl von Reiz im Kehlkopf und Luftröhre. Offenbar absorbiert bei den noch erträglichen Dosen, wie schon Herr Prof. Lehmann dies in seiner Arbeit ausgedrückt hat, die Nasenschleimhaut die Salzsäure so gut wie vollständig, so dass nur Spuren in Trachea und Lunge geraten.

Meine Absorptionsversuche ergaben nun im einzelnen folgendes.

Die Versuchskammer war stets die gleiche 3,4 m lang, 3,35 m breit und 2,95 m hoch; sie hatte somit rund 18,09 qm Grundfläche und 53 cbm Inhalt.

Im I. Versuch wurden 60 ccm starke Salzsäure abgedampft; der Versuch dauerte 20 Minuten.

Flaschen-Inhalt für Inspirationsluft 4,8 Liter.

Nach Versuch gefundene HCl mit Silberlösung in der ganzen Flasche 1,4 mg.

So pro Liter 0,29 mg.

Flaschen-Inhalt für Exspirationsluft 4,7 Liter.

Nach Versuch gefundene HCl mit Silberlösung in der ganzen Flasche 0,05 mg.

So pro Liter 0,01 mg.

II. Versuch.

Etwa 80 ccm HCl abgedampft während 20 Minuten.

Flaschen-Inhalt für Inspirationsluft 4,7 Liter.

Nach Versuch gefundene HCl mit Silberlösung in der ganzen Flasche 1,4 mg.

So pro Liter 0,298 mg.

Flaschen-Inhalt für Exspirationsluft 4,8 Liter.

Nach Versuch gefundene HCl mit Silberlösung in der ganzen Flasche 0,06 mg.

So pro Liter 0,0125 mg.

III. Versuch.

Etwa 70 ccm HCl abgedampft, ich konnte es nur 5 Minuten in dem Raum aushalten.

Flaschen-Inhalt für Inspirationsluft 4,8 Liter.

Nach Versuch gefundene HCl mit Silberlösung in der ganzen Flasche 1,8 mg.

So pro Liter 0,375 mg.

Flaschen-Inhalt für Exspirationsluft 4,7 Liter.

Nach Versuch gefundene HCl mit Silberlösung in der ganzen Flasche 0,08 mg.

So pro Liter 0,0383 mg.

Obige Resultate liefern folgende Tabelle:

Pro Liter	I	II	III
Inspirationsluft	0,29	0,3	0,37
Exspirationsluft	0,0125	0,0125	0,0383
Absorbiert	96 %	96 %	89 %

Aus den Versuchen folgt, dass bei der Zufuhr eben noch erträglicher Salzsäuredosen eine fast vollständige Absorption der Menschen stattfindet, da nur 4—11 % derselben ausgeschieden werden.

Diese Resultate stimmen mit unserer Erwartung, dass die Absorption am Menschen bei den kleinen Dosen noch vollständiger sein würde, als am Tier bei den grossen Dosen.

Dagegen sind wir überrascht, zu sehen, dass in den Menschenversuchen die Absorption der kleinen Dosen noch erheblich vollständiger ist, als wie der kleinen Dosen beim Tier, wofür ich keinen sicheren Grund weiss.

In Versuch Nr. 10 und 11 sind vom Kaninchen, trotzdem die Inspirationsluft nur 0,38 und 0,34 mg enthielt, doch nur 73 – 61 % absorbiert worden. Ob dies an den Methoden liegt, oder ob der Mensch bei seinem langsamen Atmen und der grösseren Dimension seiner Nase günstigere Absorptionsresultate erzielt als das Kaninchen, wäre weiter zu untersuchen.

Gegen die Flaschenmethode erhebt Herr Prof. Lehmann jetzt den Verdacht, dass möglicherweise die Resultate sowohl der Zimmerluft, als der Exspirationsluft eine Kleinigkeit zu hoch sein könnten, weil an den Glaswandungen trotz der Erwärmung durch das umgebende Wasser eine Absorption geringer Salzsäuremengen stattfinden könnte — ob dadurch Fehler entstehen, ist noch nicht untersucht.

Ich muss bemerken, dass wir uns im Anfang viel Mühe gegeben haben, an Stelle der Bestimmung des Chlorsilbers durch die Trübung eine Titrierung zu setzen, dass es aber nicht gelingen wollte, solch minimale Salzsäuremengen, wie sie hier zu bestimmen waren, scharf zu titrieren, eine Beobachtung, die Prof. Lehmann auch schon bei früheren Gelegenheiten gemacht hat.

Tierversuche mit schwefliger Säure.

Von besonderem Interesse schien es, die schweflige Säure in den Kreis der Untersuchungen zu ziehen. Einmal ist dieselbe ein praktisch wichtiges Fabrikgas, und zweitens hatte die Substanz deswegen für mich ein besonderes Interesse, weil mein verehrter Lehrer, Herr Prof. Ogata der erste war, der sich quantitativ mit der Giftigkeit der gasförmigen schwefligen Säure während seines Aufenthaltes in Deutschland beschäftigt hat.

Die Methodik konnte im wesentlichen die gleiche bleiben, wie bisher; als Vorlage diente eine frisch von mir hergestellte Lösung von schwefliger Säure, die ich durch Destillation von

schwefligsaurem Natron mit Schwefelsäure erhielt. Als Nachlage verwendete ich teils Jodlösungen, teils Bromlösungen. Hinter dieselben schaltete ich noch ein Gefäss mit Natriumhyposulfit ein, um eine Verunreinigung der Luft durch Bromdämpfe zu vermeiden.

Die Bestimmung der schwefligen Säure in der Vor- und Nachlage führte ich im ersten Versuch durch jodometrische Titrierung aus.

Ein Bedenken gegen die Zulässigkeit dieser Methode ergab sich aber bei der Erwägung, dass während der Versuchsdauer vielleicht in der Folge eine kleine Menge schwefliger Säure in Schwefelsäure übergehen könnte, und zweitens, dass auch in den Nachlagen (z. B. im Gabelrohr) keine volle Garantie vorhanden sei, dass nicht etwas schweflige Säure durch Schwefelsäure oxydiert wird. Ich bestimmte deswegen auf Rat von Herrn Prof. Lehmann in den späteren Versuchen einmal die schweflige Säure in der Vorlage gewichtsanalytisch als Schwefelsäure, nachdem ich sie mit Brom oxydiert hatte, und auf die gleiche Weise die schweflige Säure in der Nachlage. Dadurch sind alle Fehler, die etwa aus einer Oxydation der schwefligen Säure resultieren konnten, von vornherein ausgeschlossen. Die Bestimmung der schwefligen Säure geschah unter allen Cautelen nach Verjagen des oxydierenden Broms, durch Fällung mit verdünnter Chlorbaryumlösung in der Siedehitze. Der schwefligsaure Baryt wurde längere Zeit erwärmt, auf einem Filter gesammelt, dasselbe sorgfältig ausgewaschen bis zum Verschwinden der Chlorreaktion und das Baryumsulfat im Platintiegel gewogen.

Versuch I (Trachealatmung).

Die Bestimmung der schwefligen Säure geschah hier wie oben bemerkt, durch Jodtitrierung.

Ein Kaninchen von 2300 g wurde mit 1,5 g Chloralhydrat injiziert. Das Tier atmete nach 30 Minuten 42 mal pro Minute. Die Atemgrösse beträgt 350 ccm pro Minute oder 8,3 ccm für einen Atemzug. Das Tier war tracheotomiert. Es atmet durch eine Vorlage, welche 8 ccm einer Schwefelsäurelösung enthielt,

gleich 30,4 $^1/_{10}$ Normaljodlösung oder 97,28 mg SO_2. Der Versuch dauerte 25 Minuten, dann stirbt das Tier. Während dieser Zeit findet eine kleine Blutung aus der Nase statt, obwohl das Tier durch die Trachea atmet.

Die Nachlage enthielt vor dem Versuch 40 ccm $^1/_{10}$ Normaljodlösung, eine zweite Nachlage nochmals 5 ccm und hieran waren nochmals 10 ccm $^1/_{10}$ Natronhyposulfit eingeschaltet. Nach dem Versuch wurde die Flüssigkeit zusammengegossen und verbrauchte jetzt 16,7 ccm Hyposulfit. Es war also schweflige Säure gebunden worden entsprechend 45 — 10 — 16,7 = 18,3 $^1/_{10}$ Jodlösung; oder es waren in der Nachlage 58,56 mg schweflige Säure gebunden. Es ergibt sich also folgender Ansatz:

Aus der Vorlage verschwunden: 27,8 × 3,2 = 88.96 mg SO_2.
In der Vorlage gefunden: 18,3 × 3,2 = 58,56 mg SO_2.
Also vom Tier absorbiert: 9,5 × 3,2 = 30,4 „ „

Die sorgfältige Sektion des Tieres ergab: In der Trachea unterhalb der Kanüle etwas schaumige Flüssigkeit, die Trachealschleimhaut zeigte starke Hyperämie, aber alkalische Reaktion; auch in den kleinen Bronchien war schaumige Flüssigkeit, die etwas rötlich gefärbt war. Die Lunge zeigte deutliches Ödem und eine Anzahl kleinerer und grösserer Hämorrhagien. Die Sektion der Nase ergab keine Ursache für die kleine Nasenblutung.

Die Konzentration der schwefligen Säure in der Atemluft lässt sich ungefähr berechnen auf 10,0 mg. Es wurden absorbiert 30,4 = 3,4 mg pro Liter oder von dem inspirierten Gas wurden rund 34 % absorbiert.

Versuch II (Nasenatmung).

Ein Kaninchen von 2520 g wurde mit 2 g Chloralhydrat subkutan injiziert und hierauf der Nasenapparat angelegt. Die Zahl der Atemzüge betrug 29 pro Minute und die Atemgrösse in dieser Zeit 425 ccm oder 14,6 ccm pro Atemzug. Diese Atemgrösse blieb nur im Anfang des Versuchs bestehen, nach $^1/_4$ Stunde wurde sie langsamer und nach 17 Minuten starb das Tier im Versuch ohne Todeszuckung.

Es wurden vorgelegt 10 ccm Schwefligsäurelösung und die Vorlage nach 15 Minuten gewechselt. 20 ccm meiner schwefligen Säure lieferten 799,4 mg Baryumsulfat. Nachdem das Tier durch die beiden Portionen von je 10 ccm geatmet hatte, lieferten sie zusammen noch 369 mg Baryumsulfat. Es war also eine Schwefligsäuremenge entsprechend 430,4 mg Baryumsulfat in die Atemluft des Tieres übergegangen, dies entspricht 120,5 mg SO_2. Die Nachlage, diesmal aus Bromlösung bestehend, lieferte 277,8 mg Baryumsulfat entsprechend 77,8 mg SO_2. Es wurden also vom Tier absorbiert:

120,5—77,8 = 42,7 mg SO_2, unter der Annahme, dass das Tier wirklich die 17 Minuten gleich stark geatmet hat (eine Annahme, die sicher zu gross ist), würde sich die eingeatmete Schwefligsäuremenge auf 7,2 Liter verteilen oder pro Liter 16,7 mg betragen. Die Exspirationsluft würde unter dieser Voraussetzung 10,8 mg SO_2 enthalten haben, oder es ist von der inspirierten Schwefligsäuremenge nicht ganz 35 % absorbiert. Es wurden absorbiert pro Liter 5,9 mg SO_2.

Die Sektion ergab nach Entfernung des Nasenapparats nur ganz vorn im Naseneingang saure Reaktion; von da ab konnten wir weder in der Nase, noch im Rachen, noch im Kehlkopf oder der Trachea eine saure Reaktion finden. Auffallend war, dass die Tracheal- und Kehlkopfschleimhaut keine deutliche Hyperämie zeigte, doch liess sich das Epithel überall leicht abschälen. In physiologischer Kochsalzlösung zerfiel das Epithel zu einzelnen Zellen, dieselben zeigen keine Flimmerbewegung, doch sind die einzelnen Flimmerhaare noch deutlich sichtbar. Aus der Nase werden ebenfalls Epithelüberzüge abgekratzt. Die Epithelzellen sind hier deutlich deformiert, leicht voneinander zu isolieren. In der Lunge finden sich einzelne kleine Hämorrhagien und mässiges Lungenödem; einige Stellen sind etwas emphysematös.

Versuch III (Trachealatmung).

Ein Kaninchen von 2700 g erhielt 2 g Chloralhydrat. Nach $^1/_2$ Stunde wird die Tracheotomie gemacht, und die Atemfrequenz

zu 56 pro Minute, die Grösse des einzelnen Atemzugs zu 8,6 das Volumen der Atmung pro Minute zu 480 ccm bestimmt. Das Tier ist sehr kräftig, der Versuch dauert 30 Minuten, ohne dass das Tier eine nennenswerte Schädigung zeigt. Es wird am Ende des Versuchs getötet.

Die Analyse geschah genau wie in dem vorhergehenden Versuch. Die Vorlage lieferte 799 mg Baryumsulfat vor dem Versuch, nach dem Versuch 89,4 mg. Also hatte das Tier eingeatmet schweflige Säure entsprechend 709,6 mg Baryumsulfat, d. h. 189,7 mg. Die Nachlage lieferte 319,8 mg Baryumsulfat.

Es wurde also absorbiert:

Schweflige Säure entsprechend 389,8 mg

Baryumsulfat d. h. 109,2 mg SO_2.

Der Gehalt der Inspirationsluft betrug: 198,7 : 14,4 = 13.8 mg

„ „ „ Exspirationsluft „ 80,5 : 14,4 = 6.4 „

Es wurde also pro Liter absorbiert 7,6 d. h. 55%.

Pro Minute wurde „ 0,25 mg

„ „ u. Kilo „ „ 0,09 „

Die Sektion ergab: Die Reaktion der Trachea unterhalb der Kanüle war vollkommen neutral, die Schleimhaut zeigte eine matte Oberfläche und liess sich leicht in Form von kleinen Fetzchen abheben, die in physiologischer Kochsalzlösung nicht in die einzelnen Epithelien zerfiel. Die Struktur der Epithelien ist grösstenteils in vielen Epithelien gut erhalten, man sieht am Protoplasma grobe Körner; der Kern ist nicht immer leicht zu erkennen. In der Schleimhaut der Trachea sind eine Reihe kleiner Blutaustritte zu erkennen. In der Lunge ist starkes Ödem vorhanden und eine grosse Anzahl kleinerer und grösserer Blutaustritte. In einem Läppchen am Rande der Lunge finden sich einige relativ grosse Rundwürmer.

Versuch IV (Nasenatmung).

Ein Kaninchen von 2700 g erhielt 2 g Chloralhydrat. Die Respiration beträgt 38, das Atemvolum in einer Minute 550, die Atemgrösse pro Atemzug 14 ccm. Das Tier ist sehr kräftig. Der Versuch dauert 30 Minuten ohne Schwierigkeit, das Tier bleibt

am Leben und wird noch 3 Tage versuchsweise am Leben erhalten.

Die Schwefligsäurevorlage wird während des Versuchs alle 5 Minuten gewechselt, um eine Garantie dafür zu haben, dass der Gehalt an schwefliger Säure während der Versuchsdauer nicht stark abnimmt, sondern möglichst konstant bleibt.

Baryumsulfat in der Vorlage vor dem Versuch 1289,5 mg.
„ „ „ „ nach „ „ 459,8 „
in Form von SO_2 weggegangen 829,7 = 232,3 mg SO_2.

Die Nachlage lieferte 439,0 Baryumsulfat = 123,2 mg SO_2. Es waren also von dem Tier 389,8 Baryumsulfat also 109,1 mg SO_2 absorbiert.

Die Inspiriationsluft enthält im Liter 14,0 mg SO_2
„ Exstirpationsluft „ „ „ 7,4 „ „

Es waren also pro Liter 6,6 mg SO_2 absorbiert worden, oder rund 47 %.

Pro Minute hat das Tier absorbiert: 0,22 mg
„ „ u. Kilo „ „ „ „ 0,096 mg.

Das Tier wird am Leben gelassen und stirbt erst am Ende des dritten Tages.

Bei der Sektion waren makroskopisch keine deutlichen Veränderungen an Nase und Trachea zu sehen, aber die Lunge, namentlich der linke untere Lappen scheint pneumonisch infiltriert, die anderen Lappen zeigen Emphysem und kleine Blutungen.

Versuch V (Trachealatmung).

Ein Kaninchen von 3000 g erhielt 2 g Chloralhydrat. Die Respiration beträgt 46 pro Minute; Atemvolum in einer Minute 550 g; die Atemgrösse pro Atemzug 12 ccm.

Das Tier atmet anfangs regelmässig, aber nach 10 Minuten wird die Atmung unregelmässig und es stirbt nach weiteren 5 Minuten (15 Minuten vom Anfang).

In dem Gabelrohr zeigt sich ziemlich viel Schleim.
Die Vorlage enthielt vor dem Versuch 148,68 mg
nach dem Versuch 15,12 mg.

Also gingen an die Inspirationsluft über 133,56 mg
Von dieser SO_2 wieder gefunden 74,76 mg.
Also wurden absorbiert in 15 Minuten 58,8 mg SO_2.

Sektion: Die Trachea wird unterhalb des Kehlkopfknorpels unterbunden, dann wird der gesamte Respirationsapparat herausgenommen.

Die Trachealschleimhaut zeigt rechts und links sehr starke Hyperämie, Reaktion neutral! Epithel der Trachea leicht ablösbar, auch in den Bronchien ist schleimige Flüssigkeit von rötlicher Farbe.

Die Lunge zeigt Ödem und zahlreiche grosse und kleine Hämorrhagien, Luftgehalt vermindert, etwas emphysematöse Veränderungen am Rande.

Versuch VI (Trachealatmung).

Ein Kaninchen von 3400 g erhält 2,4 g Chloralhydrat injiziert, Narkose vollständig. Die Respiration beträgt 48 pro Minute, das Atemvolum in einer Minute 600 ccm, Atemgrösse pro Atemzug 12,5 ccm.

Das Tier ist sehr kräftig; der Versuch dauert 30 Minuten lang ohne Schwierigkeit. Das Tier wird am Ende des Versuches getötet.

Die Schwefligsäure-Vorlage wird während des Versuchs alle 5 Minuten gewechselt, um eine Garantie dafür zu haben, dass der Gehaltan schwefliger Säure während der Versuchsdauer nicht stark abnimmt, sondern möglichst konstant bleibt.

Die Vorlagen vor dem Versuch 40,16 mg.
nach dem Versuch 16,08 mg.
Also gingen in die Inspirationsluft über 24,08 mg.
Von dieser SO_2 wurde wieder gefunden 10,08 mg.
Es wurden also absorbiert 14,00 mg SO_2.

Sektion: Nach dem Unterbinden der Trachea unterhalb des Gabelrohrs wird der ganze Respirationsapparat freipräpariert.

In der Trachea und den Bronchien zeigt sich keine Hyperämie, die Reaktion ist neutral.

In der Lunge finden sich einige kleine Hämorrhagien, einige Stellen sind etwas emphysematös.

Versuch VII. (Trachealatmung).

Ein Kaninchen von 2200 g wird mit 1,5 g Chloralhydrat vollständig narkotisiert.

Die Respiration beträgt 33 pro Minute. Das Atemvolum in einer Minute 330 ccm, die Atemgrösse pro Atemzug 10 ccm.

Der Versuch dauert 30 Minuten lang ohne Schwierigkeit Das Tier atmet stets ganz ruhig und regelmässig. Nach dem Versuch wird es sofort getötet.

Die Schwefligsäure-Vorlage wird während des Versuchs alle 2 oder 3 Minuten gewechselt.

Die Vorlage enthielt vor dem Versuch	63,28 mg.
nach dem Versuch	52,36 mg.
Also gingen in die Inspirationsluft über	10,92 mg.
Von dieser SO_2 wurde wieder gefunden	4,48 mg.
Also wurde in 30 Minuten absorbiert	6,44 mg SO_2.

Sektion: Nach dem Unterbinden der Trachea unterhalb des Gabelrohrs wird der ganze Respirationsapparat freipräpariert, Trachea, Bronchus und die Lunge zeigen sich nicht verändert, nur der Rand der Lunge zeigte etwas Emphysem. Die Trachealreaktion ist überall neutral.

Die Tierversuche stelle ich in 2 Tabellen zusammen, von denen Tabelle I die quantitativen Ergebnisse, Tabelle II die Sektionsresultate darstellt.

Tabelle I.

Tierversuche mit SO_2. Analytischer Teil.

	durch die Trachea		durch die Nase		durch die Trachea		
	I	III	II	IV	V	VI	VII
Zeitdauer Min.	25	30	17	30	15	30	30
Tiergewicht g	2300,0	2700,0	2520,0	2700,0	3000,0	3400,0	2200,0
Atemfrequenz pro Minute	42	56	29	38	46	48	33
Atemvolum pro Minute	350,0	480,0	425,0	550,0	550,0	600,0	330,0
Volum eines Atemzuges ccm	8,3	8,6	14,6	14,0	11,0	12,5	10,0
Gesamtes Atem-Volum Liter	8,8	14,4	7,2	16,5	8,25	18,0	9,9
Die Vorlage mg	97,3 (10 ccm ohne Wechsel)	223,7 (10 ccm 1 mal Wechsel) (also 20 ccm)	223,8 (10 ccm 1 mal Wechsel) (also 20 ccm)	361 (10 ccm 5 mal Wechsel) (also 60 ccm)	148,68 (10 ccm ohne Wechsel) (also 10 ccm)	40,16 (10 ccm 5 mal Wechsel) (also 60 ccm)	63,28 (10 ccm 11 mal Wechsel) (also 120 ccm)
Vorlage nach dem Versuch	8,3	25,0	103,3	128,7	15,12	16,08	52,36
Eingeatmete Menge	89,0	198,7	120,5	232,5	133,56	24,08	10,92
Nachlage	58,6	89,5	77,8	123,2	74,76	10,08	4,48
Absorbierte Menge total	30,4	109,2	42,7	109,1	58,8	14,00	6,44
Inspirationsluft im Liter	10,0	13,8	16,7	14,0	16,0	1,33	1,092
Exspirationsluft im Liter	6.6	6,2	10,8	7,4	9,0	0,56	0,448
Absorptionsmenge pro Liter	3.4	7,6	5,9	6,6	7,0	0,77	0,644
„ pro Minute	0,13	0,25	0,35	0,22	0,5	0,0256	0,0214
„ pro Kilo	0,052	0,09	0,14	0,096	0,16	0,0075	0,0098
„ % der Inspirationsluft	34	55	35	47	44	57,6	58,6

Tabelle II. Tierversuche

	Versuchs-Nummer	Tier-gewicht g	Zeit-dauer Min.		Gehalt der Inspirationsluft mg pro 1 Liter	Absorptionsmenge mg pro 1 Liter
Tracheal-Atmung	VII	2200,0	30	Am Versuchsende wohl, wird getötet	1,092	0,644
„	VI	3400,0	30	Am Versuchsende ohne Schwierigkeit, wird getötet	1,33	0,77
„	I	2300,0	25	Stirbt am Ende des Versuchs	10,0	3,4
Nasen-Atmung	II	2520,0	17	Stirbt am Ende des Versuchs	16,7	5,9
„	IV	2700,0	30	Tod nach 3 Tagen	14,0	6,6
Tracheal-Atmung	V	3000,0	15	Stirbt am Ende des Versuchs	16,0	7,0
„	III	2700,0	30	Am Versuchsende ziemlich wohl, wird getötet	13,8	7,6

mit SO_2. Sektionsresultate.

Nase	Trachea	Bronchien	Lunge
—	Keine Veränderung. Reaktion neutral	Keine Veränderung. Reaktion neutral	Etwas Emphysem.
—	„	„	Einige kleine Hämorrhagien, etwas Emphysem
—	Reaktion alkalisch, etwas schaumige Flüssigkeit. Schleimhaut zeigt Hyperämie	Etwas schaumige Flüssigkeit, alkalische Reaktion	Ödem, eine Anzahl kleiner u. grösserer Hämorrhagien
Naseneingang saure Reaktion, Nasenhöhlen jedoch alkalisch	Epithel überall leicht abzuschälen. Keine Flimmerbewegung	Keine deutliche Veränderung	Einzelne kleine Hämorrhagien, mässiges Lungenödem und etwas Emphysem.
„	Keine Flimmerbewegung. Trachea scheinbar normal	„	Im linken Unterlappen scheint pneumonische Infiltration zu sein, die anderen Lappen zeigen Emphysem und kleine Blutungen.
—	Reaktion neutral, sehr starke Hyperämie. Epithel leicht ablösbar	Viel schleimige Flüssigkeit von rötlicher Farbe	Ödem, zahlreiche grosse und kleine Hämorrhagien, wenig Luft. Am Rande der Lunge emphysematöse Veränderungen
—	Reaktion neutral, Schleimhaut zeigt matte Oberfläche und lässt sich leicht in Form von kleinen Fetzchen abheben	„	Starkes Ödem. Grosse Anzahl kleiner und grosser Blutaustritte.

Aus den Tabellen folgt:

1. Dass die schweflige Säure wesentlich schwächer absorbiert wird als die Salzsäure; auch beim Menschen. Es wurden nur etwa 35—58% absorbiert.
2. Ein Unterschied zwischen den Absorptionen durch die Nase und durch die Trachea wurde nicht konstatiert.
3. Dagegen wäre in diesen Versuchen im Gegensatz zu den Salzsäureversuchen eher davon zu sprechen, dass bei geringer Konzentration der Säure in der Inspirationsluft die Absorption eine etwas vollständigere ist, was man erwarten sollte.

   Bei den beiden schwächsten Konzentrationen von 1,3 und 1,09 mg pro Liter wurden 57,6 und 58,6% absorbiert; allerdings findet sich unter den höheren Konzentrationen auch einmal eine Absorption von 55%; im übrigen liegen aber hier die Zahlen bei 34, 35, 44 und 47%.
4. Die höchste Menge, welche ein Tier absorbiert hat, war 109 mg, während einer halben Stunde, sicher nicht ausreichend, um bei einem Tier von 2,7 Kilo eine Säurevergiftung hervorzubringen.
5. Pathologisch-anatomisch ist interessant, dass wir Epithelablösbarkeit in der Trachea konstatierten, auch ohne dass die Reaktion derselben sauer war. Es erklärt sich dies offenbar so, dass geringe Säuremengen bis in die Trachea gelangten, dort die Schädigungen hervorbrachten, aber gebunden waren, bis sie zur Untersuchung kam.
6. Die Veränderungen an der Trachea und Lunge sind bei diesem Gas schon bei geringem Gehalt deutlicher als wie bei der Salzsäure. Namentlich zeigte die Lunge fast regelmässig bei den grösseren Dosen neben Blutungen Ödem. Während ich bei der Salzsäure bis zu Dosen von 17,8 mg im Liter ging, die 60 Minuten ertragen wurden, bin ich hier nicht über 7 mg hinausgegangen und dabei ist mir eines der Tiere nach 15 Minuten gestorben, trotz Trachealkanüle.
7. Dagegen zeigte wieder das Tier Nr. 4 bei 6,6 mg nach $^1/_2$ Stunde keine auffallenden Störungen in seinem Befund.

so dass ich annehme, dieses Tier würde wohl auch noch einige Tage gelebt haben, trotz seines Lungenemphysems und der kleinen Blutaustritte in der Lunge. Allmählich würde sich wahrscheinlich wie bei Nr. 5 eine Bronchitis und Pneumonie entwickelt haben, an der das Tier wohl auch gestorben wäre.

Versuche über die Absorption der schwefligen Säure am Menschen.

Wie mit der Salzsäure, habe ich auch mit schwefliger Säure einige Versuche an mir angestellt in der gleichen Kammer, wie sie oben beschrieben ist.

Die schweflige Säure stellte ich mir im ersten Versuch durch Erhitzen einer Mischung von Natriumsulfit und Schwefelsäure dar, im zweiten und dritten Versuch durch Verbrennen von Schwefel.

Die Bestimmung der schwefligen Säure geschah in der Zimmerluft dadurch, dass ich 14 Liter Zimmerluft (während der ganzen Dauer des Menschenversuchs) durch zwei hintereinander geschaltete Peligotsche Röhren mit Jodlösung leitete. Die Jodlösung wurde nachher abgedampft, die gebildete Schwefelsäure mit Chlorbaryum kunstgerecht gewichtsanalytisch ermittelt.

Die Untersuchung der Exspirationsluft machte ich in ähnlicher Weise, wie dies Herr Prof. Lehmann bei seiner Aspirationsmethode getan hat, nur brachte ich das von ihm eingeführte Sicherheitsventil nicht an. Ich blies vielmehr die ganze Exspirationsluftmenge durch zwei mit Jod gefüllte Vorlagen in einen grossen Gasometer, aus dem das Wasser durch einen Hebel mit der Geschwindigkeit abgesaugt wurde, wie es für das bequeme Atmen notwendig war. Auch hier wurde die Schwefelsäure gewichtsanalytisch in der Jodlösung ermittelt.

Im dritten Versuch wich ich insofern von der Versuchsanordnung ab, als ich die schweflige Säure titrierte, nachdem ich sie in Jodlösung aufgefangen hatte.

Bei diesen Versuchen wurde hinter das Jodabsorptionsgefäss

noch ein Gefäss mit Hyposulfitlösung eingeschaltet, um mitgerissene Joddämpfe zu absorbieren.

Die drei ausgeführten Versuche ergaben folgende Resultate:

I. Versuch.

Bestimmt mit Gewichtsanalyse.
Das gesamte Atemvolum war 14 Liter.

Inspirationsluft . . .	5,32 mg
Exspirationsluft . . .	1,12 „
Absorbiert	4,20 „
Absorption pro Liter .	0,3 „
„ in % . . .	79%.

II. Versuch.

Bestimmt mit Gewichtsanalyse.

Inspirationsluft . . .	9,44 mg
Exspirationsluft . . .	3,20 „
Absorbiert	6,20 „
Absorption pro Liter .	0,44 „
„ in % . . .	65%.

III. Versuch.

Bestimmt mittelst Jodometrie.

Inspirationsluft . . .	8,32 mg
Exspirationsluft . . .	2,24 „
Absorbiert	6,08 „
Absorption pro Liter .	0,43 „
„ in % . . .	73%.

In tabellarischer Übersicht lauten sie:

	I	II	III
Gesamtes Atem-Volum in Liter	14	14	14
Eingeatmete Menge enthielt mg	5,32	9,44	8,32
Die Nachlage enthielt „	1,12	3,24	2,24
Also absorbiert „	4,2	6,10	6,08
Gehalt der Inspirationsluft pro Liter	0,38	0,68	0,59
„ „ Exspirationsluft „ „	0,08	0,23	0,16
Absorbiert pro Liter	0,3	0,44	0,43
„ in %	79	65	73

Die drei Versuche stimmen untereinander im wesentlichen gut überein. Die Absorption ist um so vollständiger, je niedriger der Gehalt der Inspirationsluft ist, eine Tatsache, die Herr Prof. Lehmann in seinen Versuchen bei Ammoniak ebenfalls gefunden hat.

So wurde in den drei Versuchen 65—79% absorbiert, eine Zahl, die günstiger ist, als wie bei meinen Tierversuchen mit schwefliger Säure, wo die höchste absorbierte Menge 58% ist.

Bedenkt man aber, dass die am Menschen angewendeten Konzentrationen nur etwa im Maximum die Hälfte betragen von den kleinsten Dosen, die wir dem Tier zugemutet haben, und dass bei diesen kleinen Dosen das Tier auch rund 58% absorbiert, so stimmen die Menschenversuche mit den Tierversuchen recht befriedigend überein.

Immerhin bleibt es auffällig, dass sowohl bei den Menschen- wie bei den Tierversuchen die Absorption der schwefligen Säure unvollständiger war, wie bei der Salzsäure, woran die grössere Tension der wässerigen schwefligen Säure schuld sein dürfte.

In den Versuchen mit schwefliger Säure habe ich Konzentrationen von 0,38 0,68 und 0,59 mg pro Liter jedesmal eine halbe Stunde auf mich wirken lassen.

Diese Gehalte entsprechen in Volum ‰ ca. 0,14, 0,24 und 0,21 ‰. Nach den Angaben von Prof. Lehmann sind Gehalte von 0,05 ‰ noch ½ bis 1 Stunde ohne schwere Störungen zu

ertragen. Ich habe also das 3—4fache dieser Dosen ½ Stunde ausgehalten, allerdings mit lebhaften Reizerscheinungen. Beim ersten Versuch waren namentlich Geruchsbelästigungen und Reizerscheinungen in der Nasenschleimhaut zu bemerken, die mit sehr starker Sekretion der Nase und heftigem Niesen verbunden war.

Im zweiten und dritten Versuch mit den stärkeren Dosen kamen zu den Nasenreizerscheinungen noch Schmerzen in den Augen und heftige Tränensekretion hinzu. Die Nasensekretion dauerte noch ziemlich lang nach dem Versuch fort. Ich reagierte entschieden weniger empfindlich gegen die schweflige Säure als Prof. Lehmann und seine Assistenten, die 0,04 schon als sehr unangenehm fanden. Ich verhielt mich wohl etwa wie ein etwas an schweflige Säure gewöhnter Arbeiter, der nach den Untersuchungen von Prof. Lehmann von 0,04 noch gar nicht belästigt wird. Immerhin hätte ich den Versuch nach der ersten halben Stunde wohl nur mit ernsteren Gesundheitsgefahren fortsetzen dürfen.

Tierversuche mit Essigsäure.

Genau nach der gleichen Methode, wie ich sie bei der Salzsäure angewendet, habe ich auch Versuche mit Essigsäure (Eisessig) gemacht, nachdem ein Vorversuch gezeigt hatte, dass man, wenn man durch Eisessig Luft einsaugt, einen sehr intensiven Essigsäuregehalt der Luft erzielt. Leicht war es, die Titerabnahme des Eisessigs resp. die Essigsäuremenge festzustellen, welche an die Luft überging, dagegen ergab eine einfache Überlegung, dass gewisse Schwierigkeiten bestanden, die ausgeatmete Säure quantitativ wieder zu finden, wenn ein Tier eingeschaltet war. Ohne Tier fand ich in den zwei ersten Versuchen ohne weiteres durch Titrierung der nachgelegten Natronlauge mit $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure unter Verwendung von Phenolphtalein als Indikator genau die Essigsäure wieder, die aus der Vorlage weggegangen war. Dagegen zeigte es sich, wie zu erwarten, dass kein Indikator vorhanden war, der es gestattete, Essigsäure in der Nachlage zu bestimmen, ohne durch die daneben absorbierte Kohlensäure emp-

findlich gestört zu werden. Ich hoffte zuerst, dass Methylorange, das bekanntlich gegen Kohlensäure unempfindlich ist, gegen Essigsäure empfindlich sein würde. Es erwies sich leider als fast vollständig unempfindlich. Dagegen war Luteol und Lackmus, die gegen Essigsäure schon empfindlich sind, auch ziemlich empfindlich gegen Kohlensäure und von Phenolphtalein fand ich natürlich, dass es sich genau gleich empfindlich gegen Kohlensäure wie gegen Essigsäure verhielt. Ich kam also zu dem Ergebnis, dass alle Indikatoren sich im wesentlichen gleich gegen Essigsäure und Kohlensäure verhalten.

Unter diesen Umständen gab es zwei Wege, in den Nachlagen die Essigsäure zu bestimmen.

Der erste war folgender:

Ich bestimmte in einem blinden Versuch, bei dem das Tier einfach durch Natronlauge gestrichene Zimmerluft einatmete und in Natronlaugenachlagen ausatmete, wie viel dasselbe in einer halben Stunde mittelst Phenolphtalein titrierbare Kohlensäure produzierte. Hierauf schloss ich einen Versuch an dem gleichen Tier an, wobei es diesmal durch Essigsäure einatmete und in der Nachlage Essigsäure und Kohlensäure aufgefangen und mittelst Phenolphtalein titriert wurden. Zog ich die während einer halben Stunde im ersten Versuch ausgeschiedene Kohlensäuremenge von der im zweiten Versuch ermittelten ausgeschiedenen Gesamtsäuremenge ab, so hatte ich die ausgeschiedene Kohlensäuremenge.

Ich nenne diese Methode in folgendem Methode I.

Als Methode II haben wir folgendes Verfahren angewendet: Es wurde durch Essigsäure gegangene Luft eingeatmet, die Respirationsluft in Natronlauge aufgefangen, dieselbe mit überschüssiger Schwefelsäure versetzt und eine halbe Stunde lang nach Erwärmen auf 40° fleissig geschüttelt. Man durfte annehmen, dass jetzt die Kohlensäure verjagt sei, ohne dass Essigsäure ausgetrieben worden wäre. Titriert man jetzt mit Natronlauge zurück, so ergab eine einfache Rechnung die Menge der absorbierten Essigsäure frei von Kohlensäure.

Ich teile nun meine Versuche mit:

Versuch I (Trachealatmung).

Nach Methode I.

Ein Kaninchen von 1930 g mit 1,3 g Chloralhydrat narkotisiert atmet 27 mal pro Minute ganz regelmässig. Die Atemgrösse wurde zu 190 pro Minute oder 7 ccm pro Atemzug bestimmt. Das Tier war tracheotomiert.

Erste Versuchshälfte:

Das Tier atmete nur kohlensäurefreie Zimmerluf. Die Titerabnahme der Nachlage beträgt:

$25 - 16{,}45 = 9{,}55$ Normalnatronlauge entsprechend
$9{,}55 \times 22$ mg Kohlensäure.

Zweite Versuchshälfte:

Das Tier atmet jetzt durch 4 ccm Eisessig $^1/_2$ Stunde lang. Titer des Eisessigs vor dem Versuch 65,6, nach dem Versuch 58. Titerabnahme der Essigsäure 7,6 ccm Normalnatronlauge.

Die Titrierung des Gabelrohrinhalts ergab 1,35 Normalnatronlauge. Nachlage 1 und 2 gebrauchten zusammen statt 25 ccm Schwefelsäure 15,8. Es war also Säure entsprechend $9{,}2 + 1{,}35$ ccm Normalsäure $= 10{,}55$ ccm von dem Tier ausgeschieden.

Subtrahiert man von den 10.55 ccm Kohlensäure und Essigsäure die 9,55 ccm Kohlensäure der ersten Versuchshälfte, so ergibt sich die Differenz 1,0 ccm Normalessigsäure als vom Tier ausgeschieden, und das Tier absorbiert demnach:

$7{,}6 - 1{,}0 = 6{,}6$ ccm Normalessigsäure $= 6{,}6 \times 60 = 396$ mg Essigsäure.

Das Tier wurde sofort durch Hirnstich getötet, die Trachea unterbunden und die Sektion sorgfältig vorgenommen. Es fanden sich die Lunge ganz intrakt, die Trachea sehr stark hyperämisch, das Epithel fest aufsitzend. Die saure Reaktion reichte deutlich bis in den Aufgang der grossen Bronchien, wurde dann undeutlich. Beim Durchschneiden der Trachea färbte sich das ausfliessende Blut mit dem sauren Trachealinhalt schwärzlich.

Die Konzentration der Essigsäure in der Inspirationsluft berechnete sich in unserem Versuch zu 396 mg: 0,19 × 30, also pro Liter 76,2 mg Essigsäure.

Versuch II (Trachealatmung.)

Nach Methode II.

Ein Kaninchen von 1900 g atmete nach Narkotisierung durch 1,5 g Chloralhydrat und Tracheotomie ruhig 34 mal pro Minute. Atemgrösse pro Minute 240, pro Atemzug 7,05 ccm. Die Atmung war während des ganzen Versuchs ruhig und regelmässig.

Die Bestimmung der ausgeschiedenen und absorbierten Essigsäure geschah nach Methode II.

Die Vorlage war 4 ccm Eisessig, die Titerabnahme derselben durch den Versuch betrug: 65,6 — 57,45 = 8,15 ccm Normalnatronlauge.

Die Nachlage bestand aus zwei mit Normalnatronlauge gefüllten Flaschen, die methodisch vereinigt wurden und zu denen noch der Inhalt des Gabelrohrs gespült wurde. Es wurden 34,1 ccm Normalschwefelsäure zugesetzt, eine halbe Stunde auf 40° erwärmt und geschüttelt und nun zurücktitriert und gefunden, dass 10,2 ccm Normalnatronlauge zur Neutralisation notwendig waren.

Also waren in der Exspirationsluft vorhanden:

25 + 10,2 — 34,1 = 1,1 ccm Normalessigsäure.

Im Körper waren also verblieben:

8,15 — 1,1 = 7,05 ccm Normalessigsäure oder 423 mg Essigsäure. Der Versuch, der unter genau den gleichen Bedingungen ausgeführt und wie der erste aber nach einer ganz andern Methode bestimmt worden war, ergab somit eine sehr gute Übereinstimmung mit demselben.

Die Sektion des Tieres ergab die gleichen Verhältnisse wie bei dem vorhergehenden und braucht deswegen nicht ausführlich geschildert zu werden. Der Gehalt der Inspirationsluft an Essigsäure betrug 489: 7,2 = 68 mg Essigsäure pro Liter. Der Gehalt der Exspirationsluft betrug 9 mg und die absorbierte Essigsäuremenge 59 mg pro Liter.

Versuch III (Nasenatmung).

Nach Methode I.

Ein Kaninchen von 2030 g wird mit 1,5 g Chloralhydrat narkotisiert und ihm die Kanüle in der Nase befestigt. Dieselbe liegt tadellos. Das Tier atmet ganz ruhig und regelmässig. Zahl der Atemzüge 38 pro Minute, Atemgrösse pro Minute 250 ccm, also pro Atemzug 6,6 ccm.

Erste Versuchshälfte:

Das Tier atmet $^1/_2$ Stunde lang nur kohlensäurefreie Zimmerluft. Die Titerabnahme der Nachlage beträgt $25 - 17.6 = 7{,}4$ Normalnatronlauge entsprechend $7{,}4 \times 2{,}2$ mm Kohlensäure.

Zweite Versuchshälfte:

Das Tier atmet durch 4 ccm Eisessig $^1/_2$ Stunde. Titer des Eisessigs vor dem Versuch 65,6 Normalnatronlauge, nach dem Versuch 58,2 Normalnatronlauge. Also Titerabnahme der Essigsäure 7,4 Normalnatronlauge.

Die Titrierung des Gabelrohrinhalts ergab 0,7 Normalnatronlauge. Nachlage 1 und 2 gebrauchten zusammen statt 25 ccm Schwefelsäure 15,5 ccm. Es war also Säure entsprechend $9{,}5 + 0{,}7 = 10{,}12$ von dem Tier ausgeschieden.

Subtrahiert man von den 10.2 ccm Kohlensäure und Essigsäure der zweiten Versuchshälfte die 7,4 ccm Kohlensäure der ersten Versuchshalfte, so ergibt sich die Differenz von 2,8 ccm Normalessigsäure als vom Tier ausgeschieden. Und das Tier absorbierte demnach

$7{,}4 - 2{,}8 = 4{,}6 \times 60 = 276$ mg Essigsäure.

Während der ganzen Versuchsanordnung atmet das Tier ziemlich ruhig, nur ganz im Anfang niesst es einige Male, scheint sich aber dann an den Reiz gut zu gewöhnen. Auffallend ist, dass nach $^1/_4$ Stunde die Atmung bedeutend verlangsamt wird, pro Minute 25 mal. Leider versäumte ich die Atemgrösse zu dieser Zeit zu bestimmen.

Unmittelbar nach dem Versuch wurde das Tier durch Nackenstich getötet und dabei offenbar durch zu kräftiges Einstechen der Rachen verletzt, was eine Blutung in die Trachea zur Folge hatte. Abgesehen von dem durch diesen Unglücksfall erklärten Auftreten eines Blutgerinnsel in der Trachea ergab die Sektion sehr wenig. Nur eine starke Hyperämie der Tracheaschleimhaut, in der Lunge Blutreichtum; etwas Emphysem; Andeutung einzelner kleiner Blutungen. Die sorgfältige Untersuchung der Reaktion von Nase, Mund, Trachea und Rachen auf saure Reaktion ergab eine solche nur im Anfang des Naseneingangs.

Versuch IV (Nasenatmung).

Nach Methode II.

Ein Kaninchen von 2300 g atmet nach Narkotisierung mit 1,2 g Chloralhydrat und Anlegung der Nasenkanüle ruhig durch die Nase; pro Minute 28 Atemzüge. Atemgrösse pro Minute 320 ccm, also pro Atemzug 11,5 ccm. Die Atemgrösse in diesem Versuch war demnach entsprechend der Grösse des Tieres relativ sehr bedeutend. Es wurde sofort eine halbe Stunde lang durch 4 ccm Eisessig geatmet. Das Tier atmete anfangs ruhig, nach 25 Minuten wurde die Atmung deutlich langsamer, 17 mal pro Minute und es setzte sich ziemlich viel Schleim im Gabelrohr an. Die Titerabnahme der Vorlage war 65,6 — 58,1 = 7,5 ccm Normalnatronlauge. Die Nachlage bestanden aus zwei zusammen mit 25 ccm Normalnatronlauge gefüllten Flaschen. Ihr Inhalt wurde mit der Ausspülung des Gabelrohrs vereinigt, mit 16,1 ccm Normalschwefelsäure neutralisiert, dann mit 20 ccm Schwefelsäure angesaugt und ½ Stunde auf 60° erwärmt. Hierauf mit 13,5 ccm Normalnatronlauge neutralisiert.

Es war also eine Azidität von 25 + 13,5 — 20 — 16,1 = 2,4 ccm Normalessigsäure in der Exspirationsluft vorhanden. Es waren also im Körper geblieben:

7,5 — 24 = 5,1 ccm Normalessigsäure = 60 × 5,1 = 306 mg Essigsäure.

Das Tier wurde sofort durch Nackenstich getötet, die Trachea unterhalb des Kehlkopfes unterbunden und in der halben Höhe der Trachea eine zweite Ligatur angelegt.

Die sorgfältig im Zusammenhang mit den Lungen herauspräparierte Luftröhre zeigt keine Hyperämie, vielmehr ein durchaus normales Aussehen. Die Schleimhaut ist feucht und reagiert alkalisch. Nur mässige Hyperämie ist vorhanden. Die Lunge bietet an den Rändern ziemlich starkes Emphysem, sonst ist sie normal. Der Kehlkopf, die Mundhöhle und die hinteren Teile der Nase reagieren alkalisch, sauer nur der Naseneingang.

Versuch V (Trachealatmung).

Nach Methode I.

Ein Kaninchen von 2600 g wird mit 2 g Chloralhydrat narkotisiert; atmet 45 mal pro Minute. Die Atemgrösse wurde zu 450 ccm pro Minute oder 10 ccm pro Atemzug bestimmt, sie war ganz regelmässig, bis zum Ende des Versuchs.

Erste Versuchshälfte:

Das Tier atmet nur kohlensäurefreie Zimmerluft. Die Titerabnahme der Nachlage beträgt:

$30 - 14{,}7 = 15{,}3$ Normalnatronlauge entsprechend

$15{,}3 \times 22 =$ mg CO_2.

Zweite Versuchshälfte:

Das Tier atmet jetzt durch 2 ccm etwas verdünnte Essigsäure $^1/_2$ Stunde lang.

Titer der Essigsäure vor dem Versuch	16,14
nach dem Versuch	14,28
Es gingen in die Inspirationsluft über	1,86.
Von dieser Azidität wurde wiedergefunden	
in dem Gabelrohr, in der I. Absorptionsflasche, „ „ II. „	15,86.

Es wurde aber von dem Tier Essigsäure mit Kohlensäure ausgeschieden. Subtrahiert man von 15,86 die 15,3 CO_2 der ersten

Versuchshälfte, so ergibt sich die Differenz 0,56 Normalessigsäure als vom Tier ausgeschieden und das Tier absorbierte also

$$1{,}86 - 0{,}56 = 1{,}3 \times 60 = 78 \text{ mg.}$$

Das Tier wurde sofort durch Hirnstich getötet. Die Trachea wurde unterbunden und die Sektion sorgfältig vorgenommen. Die Reaktion der Trachea- und Bronchienschleimhaut war neutral, sie zeigte keine Hyperämie; in der Lunge etwas emphysematöse Veränderungen und einige kleine Blutungen.

Versuch VI (Trachealatmung).

Nach Methode II.

Ein Kaninchen von 2700 g wird nach Narkotisierung durch 2 g Chloralhydrat tracheotomiert, das Tier atmet ganz ruhig 46 mal pro Minute, Atemgrösse pro 1 Minute 380 ccm oder 8,2 ccm per Atemzug.

Die Atmung war während der ganzen Versuchsdauer von einer halben Stunde ruhig und regelmässig.

Die Bestimmung der ausgeschiedenen und absorbierten Essigsäure geschah nach Methode II.

Die Vorlage war 2,0 ccm Eisessig.

Titer vor dem Versuch Normalnatronlauge	16,14
Nach dem Versuch	14,40
Also gingen in die Inspirationsluft über .	1,74

Die Nachlage bestand aus zwei mit Normalnatronlauge gefüllten Flaschen, die methodisch vereinigt wurden und zu denen noch der Inhalt des Gabelrohrs gespült wurde. Es wurden 35 ccm Normalschwefelsäure zugesetzt, eine halbe Stunde lang auf 40° erwärmt und geschüttelt und nun zurücktitriert und gefunden, dass 5,6 ccm Normalnatronlauge zur Neutralisation notwendig waren.

Also waren in der Exspirationsluft:

$$30 + 5{,}6 - 35 = 0{,}6.$$

Es wurden also absorbiert in einer halben Stunde:

$$1{,}74 - 0{,}6 = 1{,}14 \times 60 = 68{,}4 \text{ mg Essigsäure.}$$

Die Sektion des Tieres ergab die gleichen Verhältnisse wie

bei dem V. Versuch und braucht deshalb nicht ausführlich geschildert zu werden.

Versuch VII (Trachealatmung).

Nach Methode I.

Ein Kaninchen von 2600 g atmet nach Narkotisierung durch 2 g Chloralhydrat und Tracheotomie ruhig 24 mal pro Minute, Atemgrösse pro Minute 280 ccm, also pro Atemzug 11,7 ccm. Die Atmung war während des ganzen Versuches ruhig und regelmässig.

Das Tier atmet anfangs eine halbe Stunde lang kohlensäurefreie Zimmerluft.

Die Titerabnahme der Nachlage beträgt 25 — 14 = 11,0. Normalnatronlauge entsprechend 11,22 = 242 mg CO_2. In der zweiten halben Stunde atmet das Tier durch 4,0 ccm Eisessig.

Titer des Eisessig vor dem Versuch	65,0	Normalnatronlauge
Nach dem Versuch	58,1	„
Also gingen in die Inspirationsluft über	6,9	„

Die Nachlage, Gabelrohr, I. und II. Absorptionsflasche verbrauchten zusammen statt 35,0 Normalnatronlauge

21,9 „

Also Titerabnahme der Nachlage . . . . 13,1 „

Subtrahiert man von der Azidität 13,1 für CO_2u $\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ COOH \end{matrix}$ (zweiter Versuch)

die „ 11,0 für CO_2 (erster „)

so ergibt sich eine Differenz von 2,1 Normalessigsäure als vom Tier ausgeschieden. Das Tier hat demnach absorbiert: 6,9 — 2,1 = 4,8 × 60 = 288,0 mg Essigsäure.

Die Tierversuche stelle ich in zwei Tabellen zusammen, von denen Tabelle I die quantitativen Ergebnisse, Tabelle II die Sektionsresultate darstellt.

Tabelle I.

Tierversuche mit $\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ COOH \end{matrix}$. Analytischer Teil.

		durch die Trachea		durch die Nase		durch die Trachea		
		I (1)	II (2)	III (1)	IV (2)	V (1)	VI (2)	VII (1)
Zeitdauer	Min.	30	30	30	30	30	30	30
Tiergewicht	g	1930,0	1900,0	2030,0	2300,0	2600,0	2700,0	2600,0
Atemfrequenz pro Minute		27	34	38	28	45	46	24
Atemvolum ccm pro Minute		190,0	240,0	250,0	320,0	450,0	380,0	280,0
Volum eines Atemzugs ccm		7,0	7,0	6,6	11,5	10,0	8,2	11,7
Gesamtes Atemvolum Liter		5,2	7,2	7,5	9,6	13,5	11,4	8,4
Die Vorlage	mg	3936,0	3936,0	3936,0	3936,0	968,4	968,4	3900,0
Vorlage nach dem Versuch		3480,0	3447,0	3492,0	3486,0	856,8	864,0	3486,0
Eingeatmete Menge		456,0	489,0	444,0	450,0	111,6	104,4	414,0
Nachlage		60,0	66,0	168,0	144,0	33,6	36,0	126,0
Absorbierte Menge, total		396,0	423,0	276,0	306,0	78,0	68,4	288,0
Inspirationsluft im Liter		87,7	68,0	59,0	46,0	7,9	8,7	49,0
Exspirationsluft „ „		11,5	9,0	22,4	15,0	2,3	3,0	15,0
Absorbierte Menge pro Liter		76,2	59,0	36,6	31,0	5,6	5,7	34,0
„ „ pro Minute		2,54	1,9	1,22	1,03	0,18	0,19	1,1
„ „ pro Kilo		1,6	1,0	0,61	0,44	0,06	0,07	0,42
„ „ % der Inspirationsluft		86	86	62	69	70	65	69

Tabelle II. Tierversuche

	Versuchs-Nummer	Tier-gewicht g	Zeit-dauer Min.		Gehalt der Aspirations-luft mg pro 1 Liter	Absorp-tions-Menge mg pro 1 Liter
Tracheal-Atmung	V	2600,0	30	Am Versuchsende wohl, wird getötet	7,9	5,6
„	VI	2700,0	30	„	8,7	5,7
Nasen-Atmung	IV	2300,0	30	Am Ende des Versuchs ziemlich krank, wird getötet	46,0	31,0
Tracheal-Atmung	VII	2600,0	30	Am Ende des Versuchs ziemlich wohl, wird getötet	49,0	34,0
Nasen-Atmung	III	2030,0	30	Atmet am Ende des Versuchs mit ziemlicher Schwierigkeit, wird getötet	59,0	36,6
Tracheal-Atmung	II	1900,0	30	Am Ende des Versuchs ziemlich wohl, wird getötet	68,0	59,0
„	I	1930	30	„	87,0	76,2

Aus den Tierversuchen mit Essigsäure lässt sich schliessen:

1. Die Essigsäure ist in ausserordentlich viel grösseren Dosen für die Tiere erträglich als die Salzsäure. Dosen von 76 und 59 mg geben selbst bei Trachealatmung in 30 Minuten keine andere Reaktion als starke Trachealhyperämie und saure Reaktion bis zum Anfang der grossen Bronchien. Bei

mit $CH_3 \cdot COOH$. Sektionsresultat.

Nase	Trachea	Bronchien	Lunge
—	Reaktion neutral, keine Veränderung	Reaktion neutral, keine Veränderung	Reaktion neutral, etwas emphysematische Veränderung, einige kleine Blutungen
—	„	„	„
Naseneingang zeigt saure Reaktion, hinterer Teil der Nase alkalisch	Schleimhaut feucht, reagiert alkalisch, mässige Hyperämie	Rötliche (blutige) Verfärbung	Ziemlich starkes Emphysem
—	„	„	„
Naseneingang zeigt saure Reaktion; sonst überall alkalisch	„	„	„
—	Saure Reaktion, sehr starke Hyperämie	Saure Reaktion bis zum Anfang der grossen Bronchien	„
—	„	„	„

etwas weniger grosser Dosis (von 34 mg) und Trachealatmung war die Trachealschleimhaut nicht sauer. Bei Nasenatmung und Dosen von 31 und 36 mg ging die saure Reaktion nicht über den Naseneingang hinaus, aber die Atmung war offenbar durch Schleimhautschwellung sehr angestrengt, da der Mund verschlossen war.

2. Im übrigen war von pathologischen Symptomen ausser Trachealhyperämie und Randemphysem an der Lunge wenig Pathologisches zu finden; jedenfalls kein Ödem wie bei der schwefligen Säure und keine Hämorrhagien.
3. Die Absorption der Essigsäure schwankt in meinen Tierversuchen zwischen 62 und 86%, ohne dass ich bei kleineren und grösseren Dosen eine wesentlich verschiedene Absorption beobachten konnte, und ohne dass die Absorption durch die Nase oder durch die Trachea wesentlich verschieden vollkommen gewesen wäre. Wenn man wollte, könnte man aus meinen Versuchen das offenbar unrichtige Resultat ableiten, dass die Absorption bei der Einatmung durch die Nase unvollständiger sei als durch die Trachea. Dieses Resultat ist ja absolut unmöglich und zeigt, dass man nicht zu weit gehen soll in der Diskussion kleiner Differenzen der einzelnen Versuche. Es spielen hier offenbar auch individuelle Differenzen der Tiere, vielleicht der Alkalivorräte der Tiere eine Rolle, die sich zurzeit noch nicht übersehen lassen.
4. Wenn die Essigsäureversuche etwas schlechter untereinander stimmen, als die anderen, so kommt dies daher, dass die Bestimmung der Essigsäure mit wesentlich grösseren Schwierigkeiten verbunden ist, wegen der gleichzeitig anwesenden Kohlensäure.

Versuche mit Essigsäure am Menschen.

Ich habe eine Reihe von recht unangenehmen Versuchen unternommen, um über die Absorption von Essigsäure durch den Menschen ebenfalls Zahlen angeben zu können.

Ich bedaure, sagen zu müssen, dass meine Mühe umsonst war. Es wollte sich keine Methode finden lassen, um die sehr kleinen Essigsäuremengen der Exspirationsluft von den sehr grossen Kohlensäuremengen der Exspirationsluft quantitativ genau zu trennen. Ich darf vielleicht nach drei unangenehmen starken Einatmungsversuchen mit Essigsäure sagen, dass ich es nach meinem

Versuch für wahrscheinlich halte, dass die Absorption der Essigsäure durch den Menschen etwa zwischen 80 und 90 % betragen wird; genaueres kann ich nicht sagen, ja streng genommen nicht einmal so viel.

Meine Versuche, die Essigsäure der Zimmerluft zu bestimmen, wurden in der kleinen Kammer unter Verdampfung von Eisessig nach der Flaschen-Methode vorgenommen. Es wurde in die Flasche Natronlauge einfliessen lassen und die Titerabnahme mit Phenolphtalein als Indikator bestimmt. Ich fand in den einzelnen Versuchen in der Inspirationsluft Essigsäuremengen von 2—3 mg pro Liter, Dosen, welche nach wenigen Minuten ausserordentlich starke Reizerscheinungen hervorbringen. Sowohl die Nasenschleimhaut als der Kehlkopf und die Augen wurden so stark gereizt, dass ich länger wie drei Minuten niemals im Versuchsraum verweilen vermochte. Es müssen also die für den Menschen bequem erträglichen Dosen Essigsäure wesentlich kleiner sein als diese; sie dürften unter 1 mg pro Liter liegen. Diese grossen Dosen resp. die starke Konzentration der Luft hatte ich aus dem Grund gewählt, weil ich möglichst sicher sein wollte, Essigsäure in der Exspirationsluft zu finden. Zur Bestimmung der Essigsäure in der Exspirationsluft versetzte ich die in einer Flasche aufgefangene Menge von ca. 5 Liter Exspirationsluft mit überschüssigem titrierten Barytwasser und bestimmte nach genügend langem Umschütteln kunstgerecht die gesamte Titerabnahme des Barytwassers durch Titrieren mit Phenolphtalein als Indikator. Ich kannte nun die Kohlensäure plus der Essigsäure. Ich filtrierte den kohlensauren Baryt ab und nahm an, dass das essigsaure Baryum in dem Filtrat bliebe. Hierauf bestimmte ich durch Zerlegung des gesammelten kohlensauren Baryts mit Schwefelsäure den Gehalt desselben an Kohlensäure, den ich kunstgerecht in Barytröhren auffing. Ich muss leider bekennen, dass ich regelmässig nach dieser Methode für die Kohlensäure allein eine etwas grössere Azidität fand als für Essigsäure und Kohlensäure zusammen. Die wahrscheinlichste Erklärung dafür ist folgende: Es ist sehr wenig Essigsäure überhaupt vorhanden und bei dem Filtrieren des

Barytwassers wird etwas Kohlensäure aus der Luft aufgenommen und dadurch das kohlensaure Baryum vermehrt. Ich kann also aus meinen Versuchen nur schliessen, dass die Essigsäure in sehr erheblichem Masse durch den Menschen aufgenommen wird. Bei der Ausarbeitung der Arbeit machte mich Herr Prof. Lehmann darauf aufmerksam, dass es zweckmässig gewesen wäre, das Filtrat, welches das essigsaure Baryum enthielt, mit Schwefelsäure zu destillieren und auf diese Weise die Essigsäure der Exspirationsluft allein zu gewinnen. Leider war es mir aus äusseren Gründen nicht mehr möglich, diesen Versuch noch auszuführen.

Fasse ich zum Schluss meine Ergebnisse zusammen, so lassen sie sich in folgende Sätze kleiden:

1. Von den drei Säuren, Salz-, Essig- und schweflige Säure werden die beiden ersteren ungefähr gleich stark, d. h. 70%, die schweflige Säure entschieden schlechter, d. h. nur von 34 zu 58% durch das Tier absorbiert.
2. Im allgemeinen wird man ohne grossen Fehler für Überschlagsrechnungen annehmen dürfen, dass von den beiden erstgenannten Säuren rund 70%, von der zweitgenannten Säure rund 46% absorbiert wird.
3. Diese Zahlen wachsen bedeutend, wenn es sich um Absorption durch den Menschen und um die Einatmung von kleinen noch erträglichen Dosen handelt, dann habe ich für

   Salzsäure 91%

   schweflige Säure 72% gefunden.

   Für Essigsäure kann ich nur sagen, dass ihre Absorption durch den Menschen sehr vollständig zu sein scheint.
4. Bei Einatmung durch die Nase ist der Kehlkopf und die Trachea in hervorragendem Masse gegen Säurewirkung geschützt. Nur in einem Versuch VII mit Salzsäure zeigte sich eine saure Reaktion des hinteren Naseneingangs. Kehlkopf und Trachea waren bei Nasenatmung immer neutral und niemals stärker angegriffen. Es ist damit natürlich nicht gesagt, dass nicht auch etwas Säure durch die Nase in Trachea und Kehlkopf gelangt ist, aber die Mengen waren

so gering, dass sie in der Trachea keine saure Reaktion hervorzubringen vermochten.

5. Die absoluten Mengen der absorbierten Säure sind die gleichen bei Nasen- und Trachealatmung.

Zum Schluss spreche ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Lehmann, für die Überlassung der Arbeit und für die mannigfache Unterstützung bei der Durchführung und Darstellung derselben, meinen besten Dank aus. Auch Herrn Dr. Jorns und Herrn Dr. Lang, den Assistenten des Instituts bin ich für manche freundliche Beihilfe herzlich dankbar.

Lebenslauf.

Ich, Jiro Yamada, japanischer Staatsangehörigkeit, wurde am 8. Januar 1878 als Sohn des Gutsbesitzers Uhitschi Yamada zu Nagoya, Regierungsbezirk Aitschiken geboren. Ich besuchte und absolvierte die Volksschule und das Gymnasium meiner Vaterstadt, trat im Jahre 1894 in die medizinische Schule Jikei Jin zu Tokio ein und erwarb im Mai 1897 die staatliche Approbation als praktischer Arzt. Von September 1897 bis Juni 1898 war ich bakteriologischer Assistent des Herrn Prof. Dr. Tohyama, von Juni 1898—1900 widmete ich mich dem Spezialstudium der Gynäkologie und Hygiene an der kaiserlichen Universität zu Tokio. Im Mai 1904 wurde ich an der Universität Würzburg immatrikuliert und studierte daselbst drei Semester Medizin. Ich hörte bei folgenden Dozenten: den Herrn Prof. v. Rindfleisch, Prof. Schoenborn, Prof. v. Leube, Prof. Hofmeier, Prof. Stöhr, Prof. Lehmann, Prof. v. Frey, Dr. G. Burckhard, Dr. Rostoski, Dr. L. Burkhardt, Dr. Polano. Die vorliegende Arbeit habe ich während dieser Zeit im Laboratorium des hygienischen Instituts der Universität unter Leitung des Herrn Prof. Dr. K. B. Lehmann angefertigt.